Chimie

Première partie

Cinétique chimique

Notions générales

Transformation chimique

Une transformation chimique a lieu chaque fois qu'une nouvelle espèce chimique est produite ou chaque fois qu'une espèce chimique disparaît.
Une espèce chimique qui apparaît s'appelle produit.
Une espèce chimique qui disparaît totalement ou partiellement s'appelle réactif.

Définition du système chimique

On appelle système chimique, l'ensemble des espèces chimiques présentes lors de la transformation chimique.

Les trois étapes d'une transformation chimique

Une expérience mettant en jeu une transformation chimique se déroule en trois étapes :

- **La préparation (mélange des réactifs s'il y a plusieurs réactifs, dissolution éventuelle dans un solvant, chauffage si c'est nécessaire...).**
- **Le déroulement de la transformation, pendant lequel les réactifs disparaissent et les produits apparaissent.**
- **L'arrêt de la transformation, qui a lieu dès qu'un des réactifs a totalement disparu, même si d'autres réactifs sont encore présents.**

Etat initial, état final

On appelle état initial du système chimique, l'état de ce système à la fin de la première étape.
On appelle état final du système chimique, l'état de ce système au début de la troisième étape, c'est-à-dire à l'arrêt de la transformation chimique.

La transformation chimique est donc le passage du système chimique de son état initial à son état final.

Notion d'avancement et taux d'avancement :

L'avancement est un nombre, noté x et exprimé en mole, qui permet de décrire quantitativement un système chimique en cours de transformation

L'avancement d'une réaction, notée x, est le nombre de fois que la réaction a évolué depuis l'état initial. Soit la réaction symbolisée par :

$\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma C + \delta D$

On dit que la réaction a avancé une fois depuis l'état initiale, si α moles de A et β moles de B ont disparu et γ moles de C et δ moles de D sont apparues.
On dit encore que les réactifs ont disparu et les produits sont apparus en quantités stœchiométriques. L'avancement x d'une réaction est une grandeur qui s'exprime en mol.

Tableau d'avancement d'un système

Tableau d'avancement d'un système permet d'écrire l'état du système chimique à tous instant de la transformation chimique.

Etat du système	Avancement (mol)	Quantité de matière en mol aA +	bB →	cC +	dD
Initiale	0	ni (A)	ni (B)	0	0
Intermédiaire	x	ni (A) – a.x	ni (B) – b.x	c.x	d.x
Finale	xf	ni (A) – a.xf	ni (B) – b.xf	c.xf	d.xf

Avancement final et avancement maximal

❖ **L'avancement final x_f est la valeur de l'avancement en fin de la réaction.**

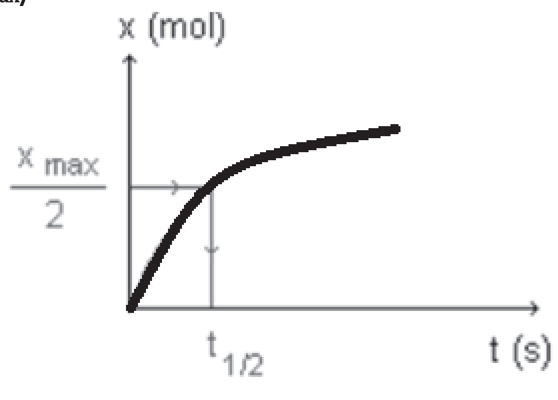
❖ **L'avancement maximal x_{max} est la valeur calculée de l'avancement en supposant la réaction pratiquement totale :**

- **Pour une réaction totale, un réactif prenant part à cette réaction est dit réactif limitant (ou en défaut) de cette réaction si sa quantité dévient nulle à l'état final.**
- **Pour une réaction limitée aucun des réactifs prenant part à cette réaction ne disparait totalement en fin de la réaction.**

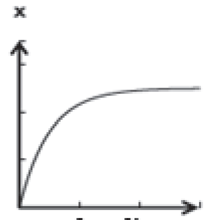
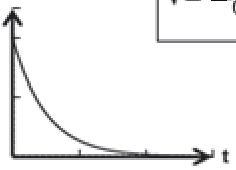
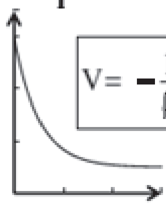
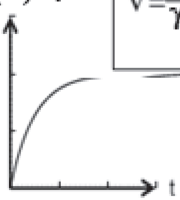
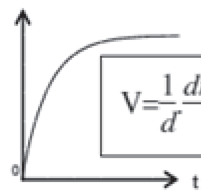
Temps de demi-réaction

C'est le temps, noté $t_{1/2}$, de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement x est égal à la moitié de l'avancement final.

$t=t_{1/2} \Longrightarrow x_{1/2}=x_{max}/2$



Vitesse de la réaction

<table>
<tr><td colspan="2">
$V = \frac{dx}{dt}$
courbe d'avancement</td></tr>
<tr><td>$n(A) = n_i(A) - \alpha x$
$V = -\frac{1}{\alpha}\frac{dn(A)}{dt}$

Courbe de disparition de A</td><td>$n(B) = n_i(B) - \beta x$
$V = -\frac{1}{\beta}\frac{dn(B)}{dt}$

Courbe de disparition de B</td></tr>
<tr><td>$n(C) = \gamma x$
$V = \frac{1}{\gamma}\frac{dn(C)}{dt}$

Courbe de formation de C</td><td>$n(D) = \delta x$
$V = \frac{1}{d}\frac{dn(D)}{dt}$

Courbe de formation de D</td></tr>
</table>

Vitesse de formation des produits :

Vitesse moyenne :

La vitesse moyenne de formation d'un produit P pendant l'intervalle $t_2 - t_1$ est :

$$V_f = \frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta n}{\Delta t}$$

C'est le taux de variation de la quantité de matière à la variation correspondante du temps.

Vitesse instantanée :

La vitesse instantanée de formation d'un produit P à l'instant t est la limite, quand t_2 tend vers t_1 (ou quand $\Delta t = t_2 - t_1$ tend vers 0), du quotient définissant la vitesse moyenne entre t_1 et t_2:

$$V_{f(P)}(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{n_2 - n_1}{\Delta t}$$

Cette limite n'est autre que la valeur à la date t de $\frac{dn}{dt}$, fonction dérivée de n(t) : $V_{d(P)}(t) = (\frac{dn}{dt})$

Définition : la vitesse de formation d'un produit P à l'instant de date t est égale au coefficient directeur (ou pente) de la tangente à la courbe au point d'abscisse t.

Vitesse de disparition des réactifs :

Vitesse moyenne :

Afin que la vitesse de disparition d'un réactif R soit une grandeur positive, on définit la vitesse moyenne de disparition comme l'opposée du taux de variation de la quantité de matière.

$$V_{d(R)} = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$$

Vitesse instantanée :

De même, la vitesse instantanée de disparition d'un réactif R ⁻ à l'instant t est égale à l'opposée de la valeur de la dérivée de n(t) à l'instant de date t.

$$V_{d(R)}(t) = -(\frac{dn}{dt})$$

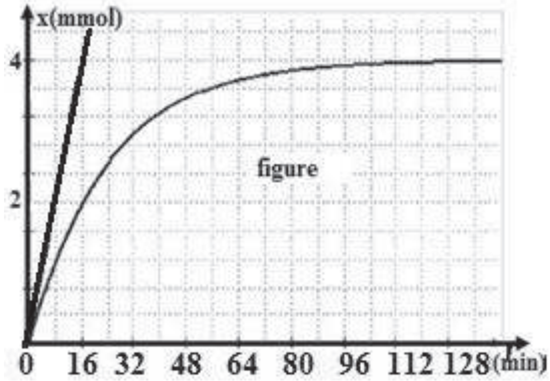
Les facteurs cinétiques

- **Les facteurs cinétiques sont les paramètres physiques ou chimiques qui ont une influence sur l'évolution d'une réaction. Il s'agit de la concentration, de la température et du catalyseur :**
- **Les vitesses de disparition des réactifs et de formation des produits d'une réaction augmentent quand les concentrations en réactif augmentent.**
- **Une élévation de température correspond à une augmentation de l'agitation de particules. La plus grande agitation permet d'augmenter le nombre de chocs entre les particules. La réaction se produit alors plus rapidement, sa vitesse augmente.**
- **Un catalyseur est un corps qui accélère une réaction chimique naturelle sans subir lui-même de modifications permanentes et qui n'apparait pas dans l'équation**

Exercice 1

L'oxydation des ions iodures I^- par l'eau oxygénée H2O2, en milieu acide, est une réaction chimique lente et totale. Cette réaction est symbolisée par l'équation suivante :

$H2O2 + 2I^- + 2\ H3O^+ \rightarrow\ I2 + 4\ H2O$



Dans un bécher, on mélange à l'instant t=0, un volume V1=100mL d'une solution aqueuse (S1) d'eau oxygénée H2O2 de concentration C1, avec un volume V2=100mL d'une solution aqueuse (S2) d'iodure de potassium KI de concentration C2=0,1mol.L-1 et quelques gouttes d'une solution aqueuse d'acide sulfurique concentrée, dont on négligera le volume.

Par une méthode expérimentale convenable, on suit l'évolution de l'avancement x de la réaction en fonction du temps. On obtient la courbe x=f(t) de la figure.

1. Compléter le tableau suivant décrivant l'évolution du système.

Etat de système	Avancement x (mol)	*Quantité de matière(en mol)* H_2O_2	$+ 2I^-$	$+ 2\ H_3O^+ \rightarrow$	I_2	$+4\ H_2O$
Etat (initial) t_0	0	C_1V_1		En excès		Solvant en excès
Etat intermediaire t						
Etat (final) t_f						

2.1. Déterminer graphiquement la valeur de l'avancement final x_f de la réaction.

2.2. Montrer que dans ce mélange, l'eau oxygénée constitue le réactif limitant.

2.3. Calculer la concentration C1.

3.1. Définir la vitesse instantanée de la réaction. Calculer sa valeur à la date t=0.

3.2. Indiquer comment évolue la vitesse de la réaction au cours du temps. Quel facteur cinétique responsable à cette variation ?

4. Calculer la vitesse volumique moyenne de la réaction entre les dates t_0=0 et t_1=40min.

5. On refait l'expérience précédente mais, en utilisant une solution aqueuse d'eau oxygénée de concentration C'1 =0,05mol.L^{-1}. Préciser, en le justifiant :

5.1. Si l'avancement final x_f est modifié ou non. Dans l'affirmative, calculer sa nouvelle valeur.

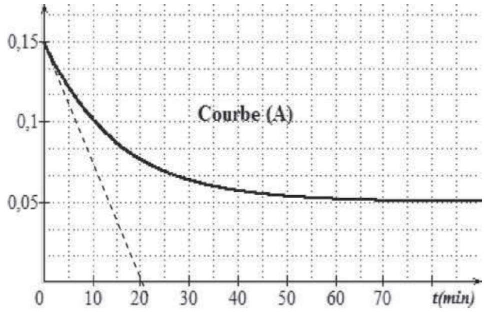
5.2. Si la valeur de la vitesse de la réaction, à l'instant t=0, augmente ou diminue.

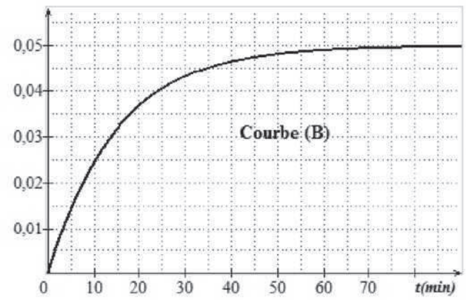
Exercice 2

On mélange à t=0s, un volume V_1=100mL d'une solution d'iodure de potassium (KI) de concertation molaire C_1, un volume V_2=100mL d'une solution d'eau oxygénée H_2O_2 de concentration C_2 et quelques gouttes d'une solution d'acide sulfurique concentrée afin d'avoir un excès d'ions H_3O^+ dans le mélange réactionnel. Il se produit la réaction totale d'équation :

$2I^- + H_2O_2 + 2H_3O^+ \rightarrow 4H_2O + I_2$

Les courbes A et B ci-dessous représentent les concentrations molaires de $[I_2]$ et $[I^-]$ en fonction du temps exprimés en $mol.L^{-1}$.





1. Associer, en le justifiant, chacune des courbes (A) et (B) à la grandeur qu'elle représente.
2. Dresser le tableau descriptif d'évolution du système en utilisant l'avancement molaire.
3. Préciser, en le justifiant, le réactif limitant de cette réaction.
4. Déterminer la valeur de l'avancement final x_f.
5. Déterminer les valeurs de C_1 et C_2.
6.1. Déterminer graphiquement, d'après la courbe (A), la valeur de la vitesse volumique maximale de la réaction.
6.2. En déduire la valeur de la vitesse maximale de la réaction.
6.3. Comment varie la vitesse de la réaction au cours de temps ? Interpréter cette variation.
7. En utilisant la courbe B, déterminer le temps de demi réaction $t_{1/2}$.

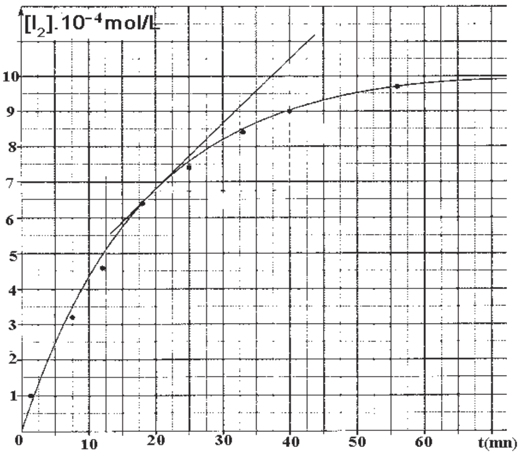
Exercice 3

On admet que l'expression de l'avancement en fonction du temps soit connue de façon théorique pour une transformation particulière. On donne $x = \dfrac{\alpha.t}{1+\beta.t}$

1 Déterminer l'avancement final.
2 Déterminer le temps de demi-réaction.
3 Etablir l'expression de la vitesse de réaction puis en déduire la vitesse initiale V_0.
4 Réexprimer x en fonction de t avec $t_{1/2}$ et V_0.

Exercice 4

On mélange dans un Becher un volume $V_1=50mL$ **d'une solution d'iodure de potassium** $(K^+ + I^-)$ **de concentration molaire** $C_1=5.10^{-3}mol/L$ **et un volume** $V_2=75mL$ **de peroxodisulfate de potassium** $(2K^+ + S_2O_8^{2-})$ **de concentration molaire** $C_2=2.10^{-3}mol/L$.



La solution dévient progressivement jaunâtre à cause de la formation du diiode I_2.

On donne les potentiels standards des couples redox intervenant dans la réaction

$E_{S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}}=2,1V$; $E_{I_2/I^-}=0,54V$

1 Ecrire les demi-équations électroniques et l'équation bilan de la réaction.

2Calculer les concentrations initiales des ions iodure $[I^-]_0$ **et peroxodisulfate** $[S_2O_8^{2-}]_0$.

En déduire le réactif limitant.

3 On étudie la vitesse de formation du diiode I_2 **en fonction du temps ; pour cela on opère des prélèvements du milieu réactionnel à différents instants t qu'on refroidit immédiatement. L'ensemble des résultats donne la courbe de variation du diiode en fonction du temps.**

3.1 Calculer la vitesse moyenne de formation du diiode entre les instants $t_1=10mn$ **et** $t_2=55mn$

3.2 Définir la vitesse instantanée de formation du diiode et la calculer à l'instant $t=20mn$ **en déduire la vitesse de disparition de l'ion iodure à cet instant.**

3.3Calculer le temps de la demi-réaction.

Exercice 5

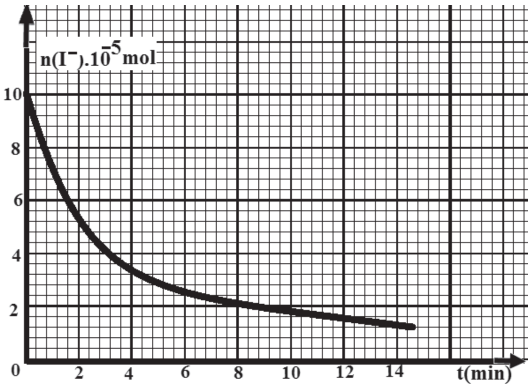
On mélange 100cm^{3}d'une solution S_1 de peroxodisulfate de potassium $K_2S_2O_8$ de concentration $C_1=10^{-2}mol/L$ et 100cm^3 d'une solution S_2 d'iodure de potassium KI de concentration molaire $C_2=2.10^{-2}mol/L$. Pour déterminer la quantité de diode I_2 formé à différents instants, on prélève des échantillons de volume $V_0=10cm^3$ que l'on dose avec une solution S_3 de thiosulfate de sodium de concentration $C_3=10^{-2}mol/L$.

1 Ecrire les demi équations relatives à l'oxydation de I^- et à la réduction de $S_2O_8^{2-}$ sachant que les couples redox mis en jeu sont I_2/I^- et $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$.

2 Calculer les concentrations initiales $[I^-]_0$ et $[S_2O_8^{2-}]_0$ dans le mélange initial.

3 Calculer les nombres de moles de I^- et de $S_2O_8^{2-}$ initialement présents dans l'échantillon de volume V_0.

4 La courbe ci-contre donne la représentation du nombre de mole de I^- restant en fonction du temps.



4.1 Définir puis déterminer la vitesse moyenne de disparition de I^- entre t=0s et t=8min.

4.2 Définir puis déterminer la vitesse instantanée de disparition de I^- à la date t=5min. Comment évolue cette vitesse au cours du temps ? Pourquoi ?

Exercice 6

On réalise la réaction d'oxydoréduction entre les couples redox suivants :

I_2/I^- **et** $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$

On mélange dans un bêcher à t=0 0,5L d'une solution 0,4mol/L d'iodure de potassium KI avec 0,5L d'une solution 0,2mol/L de peroxodisulfate de potassium $K_2S_2O_8$; on obtient une solution S

1 Ecrire l'équation bilan de la réaction entre les couples redox.

On donne : $E_{S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}} = 2,1V$; $E_{I_2/I^-} = 0,54V$

2 Calculer les concentrations initiales des ions iodure I^- et peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$.

3 Le diode formé à différents instants est mis en solution et dosé par un volume V_1 d'une solution S' de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$ de concentration molaire $C_1 = 10^{-2}$ mol/L.

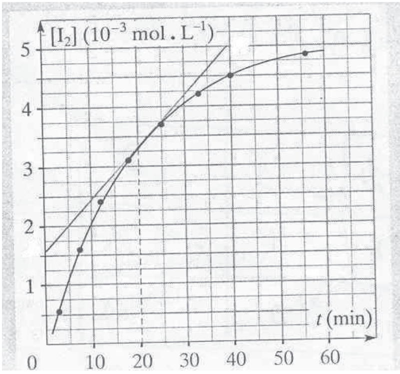
On opère des prélèvements de $V = 10cm^3$ de la solution S à différents instants. La réaction de formation du diiode dans le prélèvement est arrêtée par refroidissement dans l'eau glacée. L'équation de ce dosage est:

$$I_2 + 2S_2O_3^{2-} \rightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$$

3.1 Montrer que la concentration du diiode formé à la date t est donnée par la relation $C = \frac{C_1V_1}{2V}$ puis compléter le tableau ci-après :

t(min)	2,7	7,5	12	18	25	33	40	56	2,7
$V_1(cm^3)$	1,1	3,2	4,8	6,2	7,4	8,4	9	9,7	1,1
$C = [I_2]$(mol / L)									

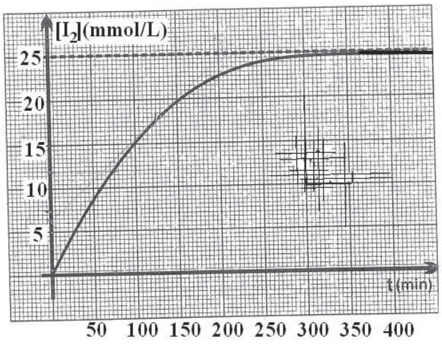
3.2 La courbe représentative de $[I_2] = f(t)$ est donnée par la figure.
3.2.1 Donner la définition de la vitesse instantanée de formation du diiode et calculer sa valeur à t=20min.
3.2.2 Définir la vitesse moyenne de formation du diiode et calculer sa valeur entre t_1=12min et t_2=40min.



Exercice 7

L'oxydation des ions iodure I^- par l'eau oxygénée H_2O_2 est une réaction lente.
On donne les potentiels standards des couples redox: $E_{I_2/I^-} = 0,55V$ et $E_{H_2O_2/H_2O} = 1,77V$.
A l'instant t=0, on mélange 3mLd'acide sulfurique de concentration en ion H_3O^+ 2mol/L avec 9mLd'une solution d'iodure de potassium de concentration 10^{-1}mol/L et 3ml d'eau oxygénée de concentration $1,25.10^{-1}$mol/L.

A différents instants, on mesure les concentrations du diiode formé pour représenter la courbe $[I_2] = f(t)$.



1 Ecrire l'équation bilan de la réaction

2.1 Calculer à t=0, les concentrations initiales $[I^-]_0$ des ions iodure et $[H_2O_2]_0$ de l'eau oxygénée. Préciser le réactif limitant.

2.2 Définir la vitesse instantanée de formation du diiode. La calculer à l'instant t=200min.

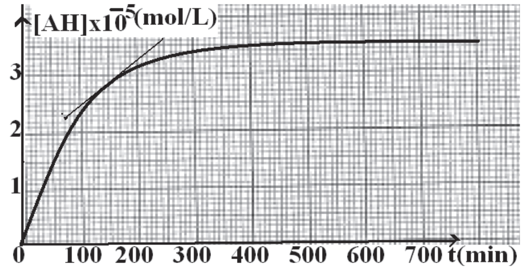
3 Déterminer la concentration du diiode après un temps infini. On la représentera par $[I_2]_\infty$.

Ce résultat est-il en accord avec la courbe ?

4 Déterminer le temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

Exercice 8

L'acide acétylsalicylique couramment appelé l'aspirine est un antiseptique très utilisé.



Pour simplifier, l'acide acétylsalicylique de formule brute $C_9H_7O_4H$ sera désigné par AH.

Cet acide est obtenu par l'action du chlorure d'acétyle sur l'acide salicylique. On suit l'évolution de cette réaction totale permettant d'obtenir l'aspirine en fonction du temps et on obtient la courbe ci-contre :

1 Donner la définition de la vitesse instantanée de formation de l'aspirine et calculer sa valeur lorsque t=150min.

2 Définir le temps de la demi-réaction et déterminer sa valeur.

Exercice 9

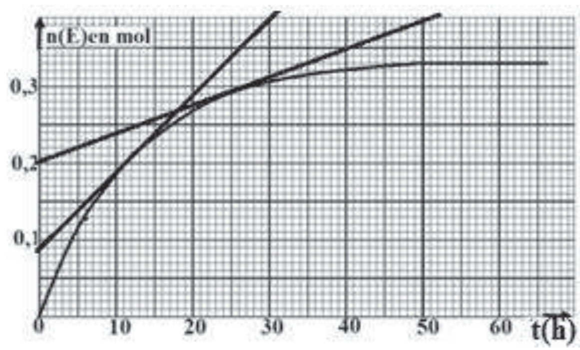
L'éthanoate de butyle est un composé organique noté E.

1 Donner la formule semi-développée de ce composé organique. Quel est le nom de sa fonction chimique?

2 Le composé E est obtenu par une réaction entre un acide carboxylique A et un alcool B.
2.1 Ecrire les formules semi-développées des composés A et B. Les nommer.

2.2 Ecrire l'équation qui permet d'obtenir le composé E, à partir de A et de B.

3 On introduit dans un ballon 0,5 mol de A, 0,5 mol de B et 2 mL d'acide sulfurique.



La température du chauffe-ballon est réglée à 65 °C.

3.1 Quel est le nom de la réaction chimique réalisée entre A et B? Quelles sont ses caractéristiques ?

3.2 On suit l'évolution temporelle de cette réaction, réalisée à volume constant, en déterminant, la quantité de matière n(E) formée. On obtient la courbe ci-contre:

3.2.1 Définir la vitesse V(t) de formation du composé E. La calculer aux instants t_1 =12 h et

t_2 = 25 h, on trouve $V(t_1) > V(t_2)$. Quel est le facteur cinétique responsable de la variation de V(t) au cours du temps ?

3.2.2 Calculer le rendement de la réaction entre A et B.

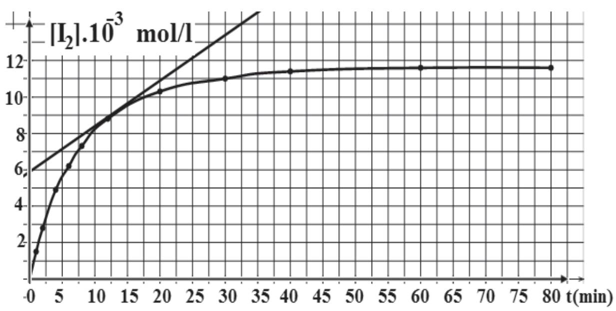
3.2.3 La valeur numérique du rendement varie-t-elle (justifier les réponses)
- En doublant les quantités de matière initiales des deux réactifs ?
- En augmentant la quantité d'acide sulfurique ?

4 Lors de la synthèse industrielle de l'éthanoate de butyle, on préfère utiliser un autre réactif organique A' réagissant avec B. Quel est le nom de ce réactif A'? Pourquoi le préfère-t-on?

Exercice 10

On oxyde à la date t=0 un volume V_1=100mL d'une solution S_1d'iodure de potassium ($K^+ + I^-$) de concentration $C_1=4,64.10^{-2}$mol/L par un volume V_2=100mL d'une solution S_2 d'eau oxygénée H_2O_2 de concentration $C_2=4.10^{-2}$mol/L.
On ajoute à ce mélange un volume négligeable d'acide sulfurique très concentré.

1. Donner les couples redox mis en jeux et écrire l'équation de la réaction.
2. Calculer à la date t=0 la concentration de I^- et celle de H_2O_2 dans le mélange. Lequel des deux réactifs est en excès.



3. On détermine à différents instants la concentration du diiode formé, on obtient la courbe ci-contre.
3.1. Calculer la vitesse moyenne de formation du diiode entre les instants t_1=5min et t_2=20min.
3.2. Définir la vitesse instantanée de formation de I_2 et la calculer à la date t=12,5min. En déduire la vitesse de disparition de I^- à cette date. Comment évoluent ces vitesses en fonction du temps ? Quel est le facteur cinétique responsable ?

3.3. Calculer la concentration des ions I^- et de H_2O_2 présents dans le mélange réactionnel à t=30min.

4. Déterminer le temps de la demi-réaction.

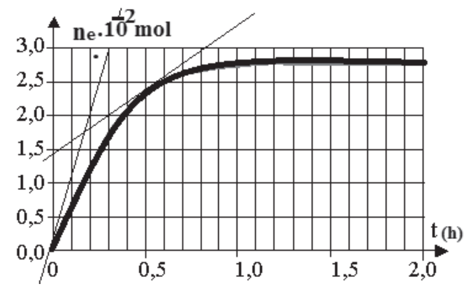
Exercice 11

On étudie la cinétique de la réaction d'estérification en préparant deux mélanges M_1 et M_2 contenant chacun une mole d'acide méthanoïque et une mole de propan-1-ol.
Dans le mélange M_2 on ajoute une faible quantité d'acide sulfurique concentré pour catalyser la réaction. Les mélanges M_1 et M_2 sont en suite portés à 60°C.
Le tableau suivant indique, en fonction du temps, la quantité d'acide restante n_a que l'on a déterminée expérimentalement :

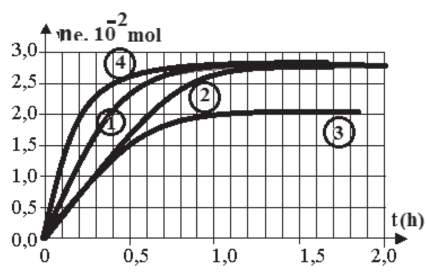
	t(min)	5	10	20	30	40	50	60
Mélange M_1en l'absence de H_2SO_4	n_a	0,84	0,74	0,64	0,58	0,54	0,52	0,50
Mélanges M_2en présence de H_2SO_4	n_a	0,53	0,37	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34

1. Ecrire l'équation de cette réaction d'estérification et préciser ses caractéristiques.
2. Calculer la quantité d'ester formée n_e, dans chaque mélange et pour chaque valeur de t donné.
3. Définir la vitesse moyenne de disparition de l'acide méthanoïque et la calculer entre les dates t_1 = 5min et t_2 = 10 min; pour chaque mélange. Comparer ces deux vitesses.
4. Donner la définition du catalyseur et en déduire son influence sur la vitesse.

Exercice 12



Pour étudier la cinétique d'une estérification, on réalise un mélange équimolaire d'acide éthanoïque et d'éthanol que l'on répartit en suite en fractions égales dans des tubes scellés. On les place dans une étuve maintenue à température constante de 60°C, et à différents instants successifs on retire l'un des tubes de l'étuve, on le ramène à la température ambiante et on dose l'acide qu'il contient par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration connue.



1. Pourquoi dose-t-on l'acide à température ambiante et non à la température de 60°C ? Préciser le facteur cinétique qui entre en jeu.

2. Les différents dosages successifs permettent de tracer le graphe1 ci-contre:

Définir et évaluer la vitesse instantanée de formation de l'ester à t_1 =0h et à

t_2 =0,5h. Ces résultats sont ils en accord avec l'un des facteurs de la cinétique ? Préciser lequel. Expliquer l'influence de ce facteur

3. Si au mélange initial acide –alcool on avait ajouté des ions H_3O^+ l'allure de la courbe aurait été modifiée

Sur le graphe 2, la courbe précédemment étudiée apparaît (courbe1), l'une des 3 autres courbes représente l'évolution de la réaction en présence des ions H_3O^+.

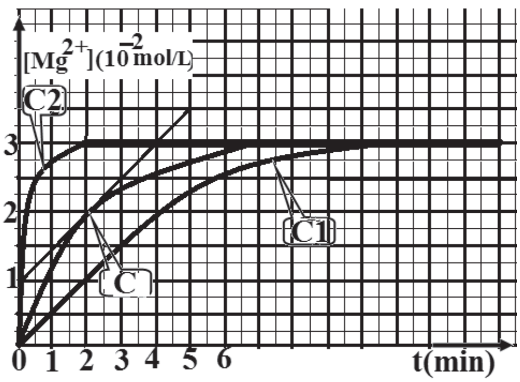
Indiquer le numéro qui vous donne la bonne courbe Justifier la réponse.

Exercice 13

Lors de l'introduction de 0,02mol de magnésium dans 0,5L d'acide chlorhydrique à θ_1= 30°C, il se produit la réaction :

$Mg + 2H_3O^+ \rightarrow Mg^{2+} + H_2 + 2H_2O$

1Des mesures ont permis de tracer la courbe C de la figure ci-contre, qui représente la variation de la concentration des ions Mg^{2+} formés.



1.1 Définir la vitesse moyenne de formation des ions Mg^{2+} ; la calculer entre les instants t_1=0,5min et t_2=4min.
1.2 Définir la vitesse instantanée de formation des ions Mg^{2+} ; la calculer à la date t=2min et en déduire la vitesse de disparition des ions hydronium.
1.3 A partir de la courbe déterminer la concentration finale des ions Mg^{2+} et montrer que le magnésium est le réactif en excès.
1.4 En déduire la concentration initiale de l'acide chlorhydrique.
1.5 Déterminer à la date t=4min les concentrations restantes de magnésium $[Mg]_r$ et d'ions hydronium$[H_3O^+]_r$.
2 On recommence l'expérience dans deux autres conditions expérimentales :
- **En diminuant la température qui dévient θ_2=20°C**
- **En utilisant un catalyseur approprié à la température θ_3= θ_1=30°C .**

On trouve les courbes C_1 et C_2 ; attribuer à chaque expérience la courbe correspondante.

Exercice 14

On donne les potentiels standards des deux couples redox suivants :

H_2O_2/ H_2O : 1,77 V et O_2/ H_2O_2 : 0,68 V

1 Ecrire le bilan de la réaction naturelle entre les deux couples.

2 On réalise en présence d'ions Fe^+ une telle décomposition. L'expérience est réalisée à température constante. On considère que le volume V de la solution aqueuse de peroxyde d'hydrogène reste constant et que le volume molaire d'un gaz est V_m = 24L/mol. On utilise V = 10 mL de solution de peroxyde d'hydrogène de concentration molaire volumique C = 6. 10^{-2} mol/L. On ajoute quelques gouttes du catalyseur et on note à divers instants le volume V_{O2} du gaz dioxygène dégagé. Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

t en min	0	5	10	15	20	30
V_{02} formé en mL	0	1,56	2,74	3,65	4,42	5,56
$[H_2O_2]$ restant en mol/L	6. 10^{-2}					

2-1 Montrer que la concentration volumique du peroxyde d'hydrogène restant en solution est de la forme : $[H_2O_2]$ restant = C-α/V.Vm. Préciser la valeur de α.

2-2 Tracer la courbe $[H_2O_2]$ restant = f(t) sur la feuille 4/4 en annexe. Echelle sur l'axe des abscisses 1 cm représente 5 min, et 1 cm représente 1.10^{-2} mol/L sur l'axe des ordonnés

2-3 Donner la définition de la vitesse instantanée de disparition du peroxyde d'hydrogène et la calculer en (mol./L/.mn) aux dates t_0 = 0 et t_{15} = 15 mn.

Conclure.

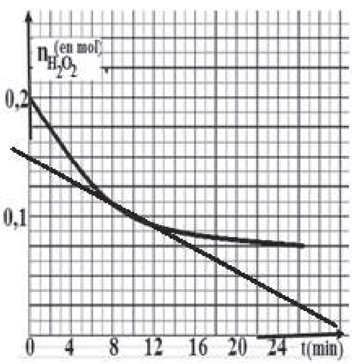
2-4 Déterminer le temps de demi-réaction.

Exercice 15

1. L'eau oxygénée H_2O_2 peut oxyder lentement les ions iodure I^- en milieu acide. Les couples redox mis en jeux sont :

H_2O_2 / H_2O et I_2 / I^-

1.1.Ecrire les deux demi-équations relatives à l'oxydation de I^- et à la réduction de H_2O_2.
Ecrire l'équation bilan de la réaction.



1.2. La quantité du diiode formé à un instant t peut être déterminée à l'aide d'un dosage ; en effet I_2 peut être réduit par l'ion thiosulfate $S_2O_3^{2-}$ pour régénérer de nouveau I^-. Les couples redox mis en jeux sont $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$ et I_2/I^-. Etablir l'équation bilan de la réaction en passant par les demi-équations relatives à l'oxydation et à la réduction.

2. On prépare un mélange réactionnel comprenant de l'acide sulfurique, de l'iodure de potassium en excès et n_0=0,2mol d'eau oxygénée. A l'aide du dosage de la quantité de diiode formée à différents instants t par une solution de thiosulfate de potassium $K_2S_2O_3$ de concentration C=2,5mol/L, il a été possible de tracer la courbe représentant les variations du nombre de mole de H_2O_2 restant en fonction du temps (voir figure). Déduire de la courbe :

2.1. La vitesse moyenne de disparition de H_2O_2 entre les instants t_1=0min et t_2=10min

2.2. La vitesse instantanée de disparition de H_2O_2 à l'instant t_2; en déduire la vitesse instantanée de disparition de l'ion I^- à cet instant.

2.3. Le volume de la solution de thiosulfate de potassium nécessaire pour doser la quantité de diiode formé à l'instant t=24min.

2.4. Déterminer le temps de demi-réaction.

Exercice 16

On se propose d'étudier la cinétique de la réaction des ions iodure (I^-) avec les ions fer III (Fe^{3+}), modélisée par : $2I^- + 2Fe^{3+} \rightarrow I_2 + 2Fe^{2+}$

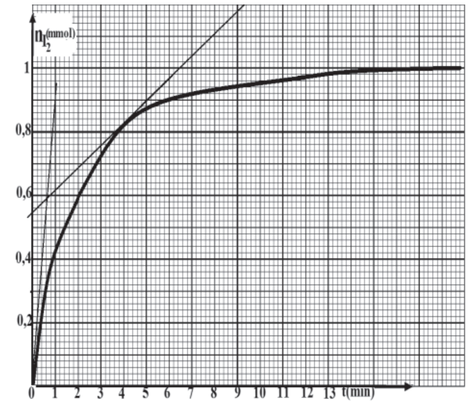
Pour cela, on introduit dans un bêcher, un volume V_1=50mL d'une solution aqueuse d'iodure de potassium de concentration molaire C_1=0,10 mol.L^{-1} et un volume V_2=50 mL d'une solution aqueuse de sulfate de fer (III) de concentration molaire C_2 = *0,02 mol.L^{-1}*.

1. Déterminer les quantités de matière des réactifs initialement introduits dans le mélange et déduire le réactif limitant.

2. Le mélange obtenu, après homogénéisation, est équitablement réparti sur dix tubes à essais.

A un instant t donné, on plonge le tube dans de l'eau glacée et on dose son contenu par une solution aqueuse de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$ de concentration molaire C=5.10^{-3} mol/L. A l'équivalence, il y a décoloration complète de la solution.

L'équation de la réaction qui se produit est $I_2 + 2S_2O_3^{2-} \rightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$



2.1. Préciser l'intérêt de l'utilisation de l'eau glacée.

2.2. Interpréter la décoloration du mélange.

2.3. Déterminer la quantité de matière $n(I_2)$ formée, sachant que le volume de la solution de thiosulfate ajouté est de 12 mL.

2.4. En déduire la composition du mélange contenu dans chaque tube à essais à cet instant.

3. La courbe de la figure donne la variation de la quantité de matière de I_2 au cours du temps.

3.1. Justifier, par exploitation de la courbe, s'il s agit d'une réaction totale ou limitée.

3.2. Déterminer la vitesse de la réaction aux instants $t_1 = 0$ et $t_2 = 4$min.

3.3. **Interpréter la variation de la vitesse de la réaction au cours du temps**.

Exercice 17

1. On étudie la cinétique chimique de la réaction supposée totale et dont l'équation bilan est

$$2I^- + H_2O_2 + 2H_3O^+ \rightarrow 4H_2O + I_2$$

A l'instant t=0, on mélange à 25° C, dans un bêcher:

- V_1=100 mL d'une solution aqueuse d'eau oxygénée H_2O_2 de concentration

$C_1 = 4{,}5.10^{-2}$ mol.L^{-1}.

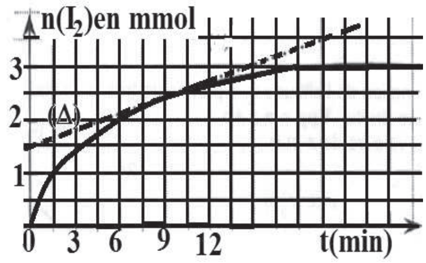
- V_2=100 mL d'une solution aqueuse d'iodure de potassium Kl de concentration $C_2 = 6.10^{-2}$ mol.L^{-1}.

- Un excès d'une solution aqueuse molaire d'acide sulfurique $(2H_3O^+ + SO_4^{2-})$.

1.1. Vérifier que les quantités de matière initiales $n_o(H_2O_2)$ de l'eau oxygénée H_2O_2 et $n_0(I^-)$ des ions iodure I^- dans le mélange, à l'instant t = 0, sont respectivement $4{,}5.10^{-3}$ mol et 6.10^{-3} mol.

1.2. Montrer que, dans ce mélange, l'ion iodure constitue le réactif limitant (en défaut).

1.3. Déduire la quantité de matière maximale de diiode $n(I_2)$ formé à la fin de la réaction.



2. Pour doser le diiode formé, on prélève, à différents instants de date t, un volume V du mélange réactionnel que l'on verse dans un erlenmeyer et que l'on place immédiatement dans un bain d'eau glacée. Puis, on dose rapidement le diiode formé par une solution de thiosulfate de sodium de concentration connue. Par suite, on trace la courbe où la droite (Δ) en pointillé représente la tangente à la courbe au point d'abscisse t=9min.

2.1. Définir la vitesse instantanée de formation du diiode I_2.
Calculer sa valeur à l'instant t = 9 min.

2.2. Cette vitesse va-t-elle diminuer ou augmenter à un instant t' tel que t' > t? Justifier la réponse à partir de l'allure de la courbe.

3. Indiquer deux facteurs cinétiques pouvant augmenter la vitesse initiale de formation de diiode I_2.

Exercice 18

On se propose d'étudier la cinétique d'oxydation des ions iodure I^- par les ions peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$ modélisée par l'équation suivante :

$S_2O_8^{2-} + 2\,I^- \rightarrow I_2 + 2\,SO_4^{2-}$

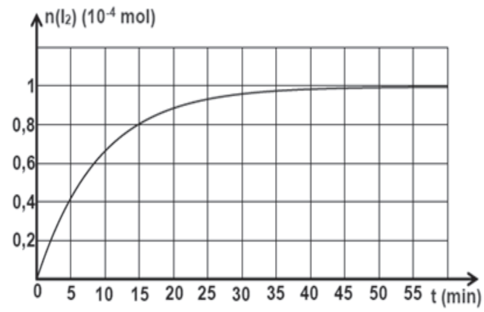
Dans un bécher, on mélange à l'instant t = 0, un volume $V_1 = 20$ mL d'une solution aqueuse (S_1) d'iodure de potassium KI de concentration molaire $C_1 = 0{,}01\ mol.L^{-1}$, avec un volume $V_2 = 20$ mL d'une solution aqueuse (S_2) de peroxodisulfate de potassium $K_2S_2O_8$ de concentration molaire $C_2 = 0{,}02\ mol.L^{-1}$.

1. Déterminer les quantités initiales des ions I^- et $S_2O_8^{2-}$ dans le mélange, notées respectivement n_{01} et n_{02}.

2.1. Dresser le tableau d'avancement du système chimique contenu dans le bécher.

2.2. Préciser, en le justifiant, le réactif limitant.

2.3. En déduire la valeur de l'avancement maximal xm de la réaction.



3. Les résultats expérimentaux ont permis de tracer la courbe d'évolution de la quantité de diiode I_2 en fonction du temps. On obtient la courbe $n(I_2) = f(t)$ de la figure.

3.1. Déterminer la valeur de l'avancement final x_f de la réaction.

3.2. Calculer le taux d'avancement final de la réaction τ_f. En déduire que la réaction est totale.

4. Pour déterminer la quantité de matière de diiode formée, notée $n_1(I_2)$, on dose à l' instant de date t_1, un volume $V_p = 4$ mL de mélange par une solution (S) de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$ de concentration molaire $C_0=10^{-2}$ mol.L^{-1}.
L'équation chimique qui symbolise la réaction de dosage est :
$I_2 + 2\, S_2O_3^{2-} \rightarrow 2\, I^- + S_4O_6^{2-}$
A l'équivalence le volume de thiosulfate versé est $V_0 = 1{,}6$ mL.
4.1. Etablir l'expression de la quantité de matière de diiode formée suivante : $n(I_2) = 0{,}5\, C_0V_0$
4.2. Déterminer la quantité de diiode formée $n_1(I_2)$ à l'instant t_1
4.3. En déduire la valeur de l'instant t_1.

Exercice 19

On réalise la réaction de l'oxydation des ions iodures I^- par les ions peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$.
Pour cela on mélange à l'instant t=0, un volume V_1=500mL d'une solution de peroxodisulfate de potassium $(2K^+ + S_2O_8^{2-})$ de concentration molaire $C_1 = 0{,}02$mol/L et un volume V_2=500mL d'iodure de potassium $(K^+ + I^-)$ de concentration molaire $C_2 = 0{,}03$mol/L.
On suit l'évolution de la formation du diiode au cours du temps. La concentration instantanée du diiode peut être modélisée par l'expression mathématique :

$[I_2] = a - \dfrac{a}{1 + a.b.t}$ où (a) et (b) sont des constantes et (t) le temps mesuré en minute.

1. **Préciser les couples redox mis en jeu et écrire l'équation-bilan de la réaction qui se produit.**
2. **Calculer la concentration des ions potassium $[K^+]$ dans la solution.**
3. **Calculer les concentrations initiales des ions iodure I^- et peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$. En déduire le réactif limitant.**
4. **Sachant que la réaction est totale, calculer la valeur de la constante (a)et préciser son unité et esquisser l'allure de $[I_2]$ en fonction du temps.**
5. **Etablir l'expression de la vitesse instantanée en fonction de (a), (b) et t. En déduire l'expression de la vitesse à la date t=0 en fonction de (a) et (b).**
6. **Montrer que la vitesse est décroissante et préciser le facteur cinétique responsable de cette décroissance.**
7. **Sachant que la vitesse maximale de formation du diiode est égale 10^{-2} mol/L/min. Calculer (b) et préciser son unité.**

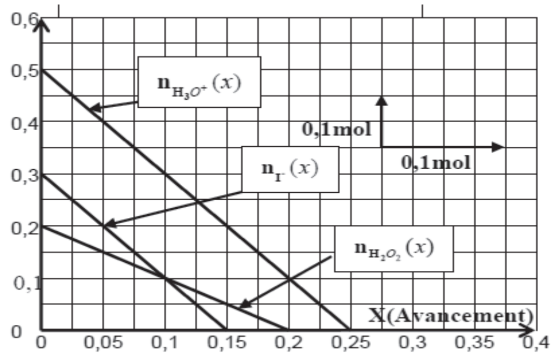
Exercice20

On réalise l'oxydation des ions iodures I- par l'eau oxygénée en milieu acide selon la réaction totale:

a H_2O_2 + b I^- +c $H_3O^+ \rightarrow$ d I_2 + e H_2O

Le graphe ci-contre représente l'évolution, en fonction de l'avancement x de la réaction, des quantités de matière des réactifs.

1. Compléter le tableau d'avancement de la réaction.



Etat de la réaction	Avancement	Quantités de matière a H_2O_2 +b I^- +c$H_3O^+ \rightarrow$dI_2 + e H_2O				
initial		n_{01}	n_{02}	n_{03}	0	excès
intermediaire						
final						

2. Déterminer, en se basant sur le graphe :

2.1. Les quantités de matière initiales des réactifs, l'avancement maximal x_{max} .

2.2. Les coefficients stœchiométriques a, b, c, d et e.

3. Déterminer la composition finale du système réactionnel.

4. On refait cette expérience à une température plus élevée mais avec la même composition de départ. Y'aure-t-il changement pour les diagrammes donnés ci-haut ? Justifier.

Exercice 21

On mélange 100cm^{3}d'une solution S_1 de peroxodisulfate de potassium $K_2S_2O_8$ de concentration $C_1=10^{-2}$mol/L et 100cm^3 d'une solution S_2 d'iodure de potassium KI de concentration molaire $C_2=2.10^{-2}$mol/L. Pour déterminer la quantité de diode I_2 formé à différents instants, on prélève des échantillons de volume V_0=10cm^3 que l'on dose avec une solution S_3 de thiosulfate de sodium de concentration $C_3=10^{-2}$mol/L .

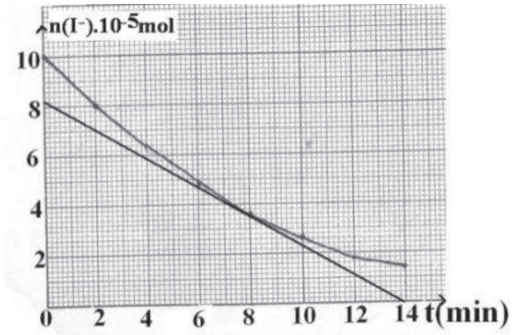
1. Ecrire les demi équations relatives à l'oxydation de I^- et à la réduction de $S_2O_8^{2-}$ sachant que les couples redox mis en jeu sont I_2/I^- et $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$.

2. Calculer les concentrations initiales $[I^-]_0$ et $[S_2O_8^{2-}]_0$ dans le mélange initial.

3. Calculer les nombres de moles de I^- et de $S_2O_8^{2-}$ initialement présents dans l'échantillon de volume V_0.

4. Sachant que l'équation bilan de dosage est $I_2 + 2S_2O_3^{2-} \rightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$.

Montrer qu'à un instant t le nombre de mole de I^- restant vérifie la relation : $n(I^-)_t = 10^{-4} - 10^{-2}V$ où V est le volume de thiosulfate de sodium versé pour atteindre l'équivalence.



5. La courbe ci-contre donne la représentation du nombre de mole de I^- restant en fonction du temps.

5.1. Définir puis déterminer la vitesse moyenne de disparition de I^- entre t=0s et t=10min.

5.2. Définir puis déterminer la vitesse instantanée de disparition de I^- à la date t=8min.

Exercice 22

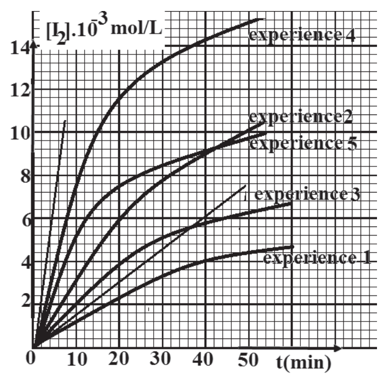
On étudie la cinétique de l'oxydation des ions iodures I^- par les ions peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$ d'équation:

$$2I^- + S_2O_8^{2-} \rightarrow I_2 + 2SO_4^{2-}.$$

Pour cela, on réalise 5 expériences, les conditions expérimentales étant décrites dans le tableau suivant :

	$[I^-]_0$ (mol/L)	$[S_2O_8^{2-}]_0$(mol/)	Tem (°C)	Catalyseur
Exp 1	2.10^{-2}	1.10^{-2}	20	aucun
Exp 2	$4 .10^{-2}$	2.10^{-2}	20	aucun
Exp 3	2.10^{-2}	1.10^{-2}	35	aucun
Exp 4	4.10^{-2}	$2 .10^{-2}$	35	aucun
Exp 5	2.10^{-2}	1.10^{-2}	20	Fe^{3+}

On note $[I^-]_0$ et $[S_2O_8^{2-}]_0$ les concentrations initiales . On réalise les mélanges à la date t = 0. On étudie les variations de la concentration en diiode $[I_2]$ au cours du temps, les résultats sont rassemblés sur le graphique ci-contre :



1. Définir la vitesse de formation du diiode et déterminer sa vitesse initiale en mol/L.min pour les expériences 1 et 4.

2. En comparant respectivement les courbes 1 et 2puis 3 et 4, quel facteur cinétique met-on en évidence et quel est son effet ?

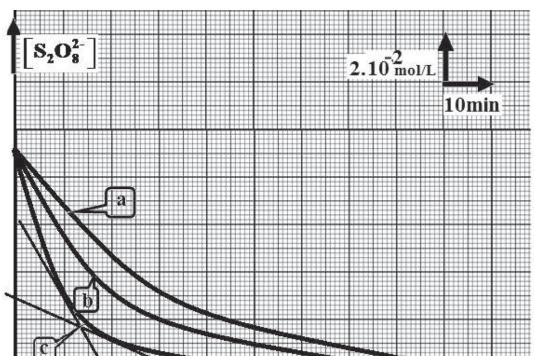
3. En comparant respectivement les courbes 1 et 3 puis 2 et 4, quel facteur cinétique met-on en évidence et quel est son effet ?
4. Dans l'expérience 5, on a affaire à une réaction catalysée. Justifier cette affirmation en comparant les résultats de l'expérience 5 avec ceux de l'une des quatre autres expériences. Bac français

Exercice 23

On considère les couples redox : I_2/I^- , $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$ et $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$
On réalise la réaction de l'oxydation des ions iodures I^- par les ions peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$.
1.1. Ecrire l'équation de la réaction et préciser les couples redox mis en jeu.
1.2. Pour suivre l'évolution de la réaction, on dose le diiode formé à différentes dates avec une solution de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$.
Ecrire l'équation de la réaction qui se produit au cours du dosage.
2. On réalise cette réaction dans différentes conditions expérimentales consignées dans le tableau suivant :

Première expérience	deuxième expérience	troisième expérience
$\left[S_2O_8^{2-}\right]_0 = 9.10^{-2}$ mol/L	$\left[S_2O_8^{2-}\right]_0 = 9.10^{-2}$ mol/L	$\left[S_2O_8^{2-}\right]_0 = 9.10^{-2}$ mol/L
$\left[I^-\right]_0 = 0,4$ mol/L	$\left[I^-\right]_0 = 0,4$ mol/L	$\left[I^-\right]_0 = 0,4$ mol/L
θ=20°C	θ=30°C en présence d'ions Fe^{2+}	θ=30°C

Les courbes $\left[S_2O_8^{2-}\right] = f(t)$ relatives à ces expériences sont données par la fig.



2.1. Attribuer à chaque expérience la courbe correspondante. Justifier la réponse.

2.2. Définir la vitesse de disparition de $S_2O_8^{2-}$ et calculer sa valeur aux instants t_1=10min et t_2=20min pour l'expérience relative à la courbe (c).

2.3. Comparer les deux valeurs trouvées et justifier la différence.

2.4. Calculer la molarité du diiode et celle des ions iodure à la fin de chaque expérience sachant que la réaction est totale.

2.5. Calculer la vitesse moyenne de disparition de $\left[S_2O_8^{2-}\right]$ entre les instants t_1=10min et t_2=30min pour l'expérience relative à la courbe (b).

2.6. Déterminer graphiquement l'instant t pour lequel la vitesse instantanée est égale à la vitesse moyenne entre les instants t_1=10min et t_2=30min pour l'expérience relative à la courbe (b).

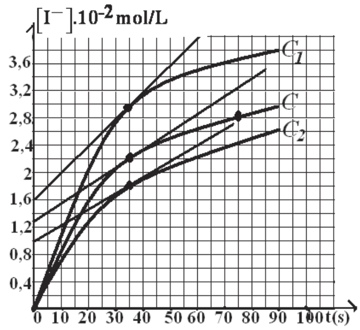
3. Déterminer le temps de demi-réaction pour l'expérience (a).

Exercice 24

1. A la date t=0, on mélange 3.10^{-3} mol de diiode I_2 et 40cm^3 d'une solution de thiosulfate de sodium $(2Na^+, S_2O_3^{2-})$ de concentration 0,1mol/L.

On donne : $E_{S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}} = 0,08V$ et $E_{I_2/I^-} = 0,54V$

1.1. Ecrire les demi équations et l'équation bilan de la réaction qui se produit. Déterminer le réactif limitant.



1.2. Le volume total de la solution étant V_S=100cm^3, quelle est la concentration initiale des réactifs ?

1.3. Quelle est la concentration des ions iodure I^- en fin de réaction ?

1.4. La courbe *C* représente l'évolution de la variation de la concentration des ions iodure formés en fonction du temps. Calculer la concentration des réactifs I_2 et $S_2O_3^{2-}$ à l'instant t=75s.

1.5. Déterminer le temps de la demi-réaction pour cette expérience.

2. Dans le but de mettre en évidence l'effet de certains facteurs cinétiques sur la vitesse de formation, on réalise en plus de l'expérience précédente deux autres expériences en y apportant chaque fois une seule modification. Les conditions initiales de ces expériences sont consignées dans le tableau suivant:

Expérience	a	b	c
Concentration initiale de $S_2O_3^{2-}$	4.10^{-2}mol/L	2.10^{-2}mol/L	4.10^{-2}mol/L
Température	T_1	T_1	$T_2>T_1$

On a représenté sur la même figure avec *C* les courbes *C_1* et *C_2* traduisant les résultats de ces expériences.

2.1. Déterminer la vitesse de formation de I^- à la date t=35s pour les trois expériences.

2.2. Préciser la courbe correspondante à chaque expérience. Justifier la réponse.

Exercice 25

L'étiquette d'une boîte de médicament utilisé pour traiter l'anémie par carence de fer, indique qu'un comprimé contient 160 mg d'élément fer sous forme d'ions fer (II). Pour vérifier cette indication, on dissout un comprimé de ce médicament dans de l'eau et on y ajoute, en excès, une solution de permanganate de potassium et un peu d'acide sulfurique concentré. On obtient ainsi une solution S de volume V=200 mL. Avec cette solution on remplit une série de tubes qu'on scelle et qu'on maintient à une température constante égale à 37°C.

Dans chaque tube il se produit une réaction d'équation-bilan:

$$MnO_4^- + 5Fe^{2+} + 8H_3O^+ \rightarrow Mn^{2+} + 5Fe^{3+} + 12H_2O$$

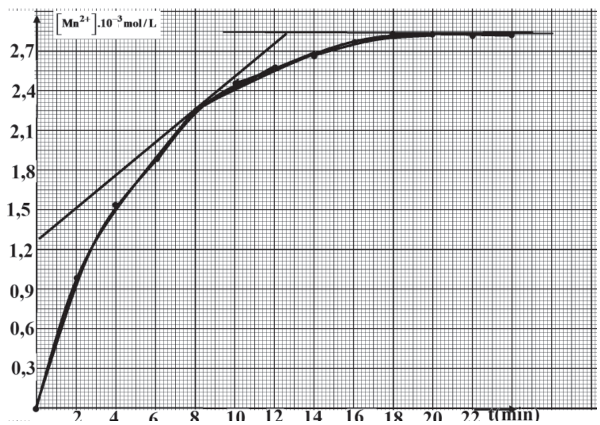
A des dates données, on dose les ions manganèse formés dans ces tubes. On obtient alors le tableau suivant :

t(min)	0	2	4	6	8	10
[Mn2+]10^{-3} mol.L-1	0	0,99	1,53	1,98	2,25	2,46
t(min)	12	14	16	18	20	22
[Mn2+]10^{-3} mol.L-1	2,61	2,67	2,76	2,84	2,84	2,84

1. Préciser le rôle de l'acide sulfurique concentré ajouté au contenu de chaque tube.

2. La courbe représentant les variations de la concentration des ions manganèse au cours du temps est représentée ci-contre.

Déterminer, graphiquement, les valeurs de la vitesse instantanée de formation des ions manganèse aux dates $t_1 = 8$ min et $t_2 = 19$ min.



3. En déduire les vitesses de disparition des ions fer (II) aux dates $t_1 = 8$ min et $t_2 = 19$ min.

4. Calculer la concentration initiale des ions fer (II) dans la solution S. En déduire la masse de fer dans un comprimé du médicament considéré.

A votre avis l'indication de l'étiquette de la boîte du médicament est-elle correcte ?

On donne : masse molaire atomique : M(Fe) = 56 g/mol

5. Montrer qu'à tout instant $\left[Fe^{2+}\right]_r = \left[Fe^{2+}\right]_0 - 5\left[Mn^{2+}\right]$ puis calculer la concentration restante des ions fer(II) à la date t=10min.

6. Déterminer le temps de la demi-réaction.

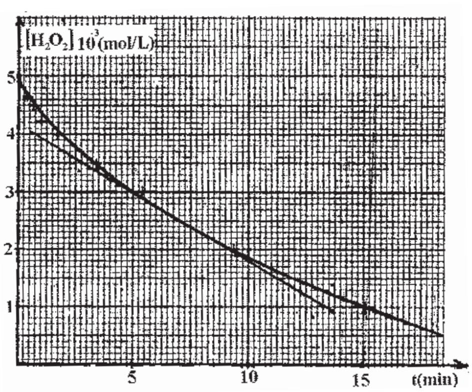
Exercice26

On réalise l'oxydation des ions iodure I^- en diiode I_2 par le peroxyde d'hydrogène ou eau oxygène H_2O_2 en milieu acide.

1. A l'instant t=0, on mélange un volume $V_1=2cm^3$ d'une solution d'iodure de potassium de concentration molaire volumique $C_1=2.10^{-1}mol/L$, un volume $V_2=10cm^3$ d'une solution d'eau oxygénée de concentration $C_2=10^{-2}mol/L$ et un volume $V_3=8cm^3$ d'acide sulfurique de concentration en ion H_3O^+ $C_3=8.10^{-1}mol/L$.

1.1. Ecrire les demi équations électroniques des couples redox et en déduire l'équation bilan. On donne : $E^0_{I_2/I^-}=0{,}55V$ et $E^0_{H_2O_2/H_2O}=1{,}77V$.

1.2. Calculer à l'instant t=0 les concentrations initiales $[I^-]_0$ $[H_2O_2]_0$ et $[H_3O^+]_0$. Préciser alors le réactif limitant.



2. Le diiode formé donne une couleur brune ce qui permet de mesurer la concentration de I_2 formée à différents instants.

2.1.Montrer que la relation liant la concentration restante de l'eau oxygénée $[H_2O_2]$ et $[I_2]$ à tout instant peut s'écrire sous la forme :

$$[H_2O_2]=[H_2O_2]_0-[I_2]$$

2.2. On donne la courbe $[H_2O_2]=f(t)$ représentant l'évolution de la concentration de l'eau oxygénée en fonction du temps (voir fig).

2.2.1. Définir la vitesse de disparition de H_2O_2 et la calculer à l'instant. En déduire la vitesse de formation de I_2 à cet instant.

2.2.2 Calculer la vitesse moyenne de disparition de H_2O_2 entre les instants $t_1=2{,}5\,min$ et $t_2=12{,}5\,min$

2.2.3 Déterminer le temps de demi-réaction.

Exercice27

Lors de la réaction de l'acide méthanoïque sur le propan-1-ol, on étudie la vitesse de formation de l'ester : v = d[ester]/dt. Le propan-1-ol est en grand excès ; la température est constante. A chaque instant t, on note [acide] ;

à t = 0 ; $[acide]_0$ = 0,100mol/L=(100mmol/L)

Le dosage de l'acide méthanoïque restant, en fonction du temps, donne les résultats suivants :

1- Ecrire l'équation bilan de la réaction et nommer l'ester formé.

2- Compléter la 3éme ligne du tableau.

Date(s)	0	100	200	300	400	500	600	1000
[acide](mmol/L)	100	79,5	63	50	40	31,5	25	10
[ester](mmol/L)								

3- Représenter graphiquement [ester] = f(t) sur le quadrillage de la feuille annexe (1cm représentera 10 mmol /L et 1c représentera 100s).
3- A partir de la représentation graphique, déterminer en mol/L /s, V_{100} à t = 100s et V_{500} à t = 500s

Corrigé de l'exercice1

1. Le tableau complété

Etat de système	Avancement x (mol)	*Quantité de matière(en mol)*				
		H_2O_2 +	$2I^-$ +	$2\,H_3O^+$ →	I_2 +	$4\,H_2O$
Etat (initial) t_0	0	C_1V_1	$C_2V_2=10^{-2}$	En excès	0	Solvant en excès
Etat intermediaire t	x	C_1V_1-x	$10^{-2}-2x$		x	
Etat (final) t_f	x_f	$C_1V_1-x_f$	$10^{-2}-2x_f$		x_f	

2.1. Graphiquement $x_f=4.10^{-2}$ mol
2.2. H_2O_2 est le réactif limitant c.à.d. I^- est le réactif en excès ; il suffit de montrer que $n(I^-)final\neq 0$.

$n(I^-)final= 10^{-2} -2.x_f=10^{-2} - 2*4.10^{-3}=0,2.10^{-2}$ mol$\neq$0; donc I^- est le réactif en excès et H_2O_2 est le réactif limitant.

2.3. H_2O_2 est le réactif limitant, donc $C_1V_1-x_f=0$ $C_1=\frac{x_f}{V_1}=4.10^{-2}\,mol/L$

3.1. La vitesse instantanée d'une réaction chimique à un instant t est la dérivée de la quantité de matière (l'avancement) par rapport au temps : $V=\frac{dx}{dt}$
Elle correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse t considéré.
Soit en utilisant les points O (0 ; 0) et B (16; 4.10^{-3})

$$v(t=0)=\frac{x_2-x_1}{t_2-t_1}=2,5.10^{-4}\,mol/min$$

3.2. La vitesse de la réaction diminue au cours du temps car la valeur de la pente de la tangente diminue au cours du temps.
Le facteur cinétique responsable à cette diminution est la concentration des réactifs.

4. Calcul de la vitesse moyenne volumique :

$$v_{V(moy)}=\frac{1}{V}.\frac{\Delta x}{\Delta t}=\frac{1}{V_1+V_2}.\frac{x_2-x_1}{t_2-t_1}=0,4.10^{-3}\,mol/L/min$$

5.1. $*H_2O_2\begin{cases}C'_1=0,05mol.L^{-1}\\V_1=100mL\end{cases}$ $*\ I^-\begin{cases}C_2=0,1mol.L^{-1}\\V_2=100mL\end{cases}$ **$n'_0(H_2O_2)=n_0(I^-)/2$: le mélange est réalisé dans les proportions stœchiométriques donc x_f est modifié : $x_f=5.10^{-3}$mol.**

5.2. La vitesse à t=0 augmente car la concentration initiale du réactif H_2O_2 augmente.

Corrigé de l'exercice2

La courbe A représente la variation de $[I^-]$ en fonction du temps car c'est une courbe de disparition ; alors que la courbe B représente la variation de $[I_2]$ en fonction du temps car c'est une courbe de formation.

2. Le tableau complété

Etat de système	Avancement x (mol)	*Quantité de matière(en mol)* $2I^-$	$+ H_2O_2 +$	$2 H_3O^+ \rightarrow$	I_2	$+ 4 H_2O$
Etat (initial) t_0	0	$n_1 = C_1V_1$	$n_2 = C_2V_2$	En excès	0	Solvant en excès
Etat intermediaire t	x	C_1V_1-2x	C_2V_2 - x		x	
Etat (final) t_f	x_f	C_1V_1-2x_f	C_2V_2 - x_f		x_f	

3. Le réactif limitant est H_2O_2 car d'après la courbe A il reste 0,05mol/L de I^- donc I^- est un réactif en excès.
4. D'après la courbe B l'avancement final $x_f=[I_2]_f xV=0,05x200.10^{-3}=10^{-2}$mol

5. Calcul des concentrations

- **Calcul de C_1 :**
  - ✓ **$1^{ère}$ méthode :**

$$\left[I^-\right]_0 = \frac{C_1V_1}{V_1+V_2} \Rightarrow C_1 = \frac{\left[I^-\right]_0 (V_1+V_2)}{V_1} = \frac{0,15x200}{100} = 0,3mol/L$$

  - ✓ **$2^{ème}$ méthode :**

$$C_1V_1 - 2x_f = [I^-]_r xV = 10^{-2} mol \Rightarrow C_1 = \frac{10^{-2}+2x_f}{V_1} = 0,3mol/L$$

- **Calcul de C_2 :**
  - ✓ **$1^{ère}$ méthode :**

$$\left[I_2\right]_{max} = \left[H_2O_2\right]_0 \Leftrightarrow \left[I_2\right]_{max} = \frac{C_2V_2}{V_1+V_2} \Rightarrow C_2 = \frac{\left[I_2\right]_{max}(V_1+V_2)}{V_2} = \frac{0,05x200}{100} = 0,1mol/L$$

  - ✓ **$2^{ème}$ méthode :**

$$C_2V_2 - x_f = 0 \Rightarrow C_2 = \frac{x_f}{V_2} = 0,1mol/L$$

6.1. Calcul de la vitesse volumique maximale est la vitesse initiale :
La vitesse de disparition de I^- correspond au à l'opposé du coefficient directeur de la tangente à la courbe A au point d'abscisse t =0
Soit en utilisant les points O (0 ; 0,15) et B (20; 0)

$$\left(V_{Vol}\right)_d (I^-)(t=0) = -\frac{[I^-]_2 - [I^-]_1}{t_2 - t_1} = 7,5.10^{-3} mol/L/min$$

d'où la vitesse volumique de la réaction:

$$\left(V_{Vol}\right)(t=0) = \frac{\left(V_{Vol}\right)_d (I^-)(t=0)}{2} = 3,75.10^{-3} mol/L/min$$

6.2. Déduction de la vitesse de la réaction :

$$V_{vol}(t=0)=\frac{V(t=0)}{V_{vol}}$$

$$\Rightarrow V(t=0)=V_{vol}(t=0)xV_{vol}=3,75.10^{-3}x200.10^{-3}=7,5.10^{-4}mol/min$$

6.3. La vitesse de la réaction diminue au cours du temps car la valeur de la pente de la tangente diminue au cours du temps.
Le facteur cinétique responsable à cette diminution est la concentration des réactifs.
7. Le temps de la demi-réaction $t_{1/2}$

C'est l'abscisse du point d'ordonnée $[I_2]$ max/2 soit $t_{1/2}$=10min.

Corrigé de l'exercice3

1. **Avancement final :**
   $X_f=\lim_{t\to+\infty}\frac{\alpha.t}{1+\beta.t}=\lim_{t\to+\infty}\frac{\alpha.t}{t(\frac{1}{t}+\beta)}=\frac{\alpha}{\beta}$
   $X_f=\frac{\alpha}{\beta}$
2. **Temps de demi-réaction:**
   $t_{½}=\frac{Xf}{2}\Leftrightarrow\frac{\alpha}{2\beta}=\frac{\alpha t_{½}}{1+\beta t_{½}}\Leftrightarrow 1+\beta t_{½}=2\beta t_{½}\Rightarrow\beta t_{½}=1\ \Rightarrow t_{½}=\frac{1}{\beta}$
3. **Expression de V :**
   $V=\frac{dx}{dt}=\frac{\alpha(1+\beta t)-\beta\alpha t}{(1+\beta t)^2}=\frac{\alpha}{(1+\beta t)^2}\Rightarrow V=\frac{\alpha}{(1+\beta t)^2}\Rightarrow V_0=\frac{\alpha}{1}=\alpha$
4. $X=\frac{V_0 t}{1+t/t_{½}}=\frac{V_0 t_{½} t}{t+t_{½}}$

Corrigé de l'exercice4

1 Les demi-équations électroniques :

$2I^- \to 2e^- + I_2$

$S_2O_8^{2-}+2e^- \to 2SO_4^{2-}$

L'équation bilan : $2I^- + S_2O_8^{2-} \to I_2 + 2SO_4^{2-}$

2 Calcul des concentrations initiales :

$\left[I^-\right]_0=\frac{C_1V_1}{V}$ **A.N :** $\left[I^-\right]_0$**=2.10^{-3}mol/L**

$\left[S_2O_8^{2-}\right]_0=\frac{C_2V_2}{V}$ **A.N :** $\left[S_2O_8^{2-}\right]_0$**=1,2.10^{-3}mol/L.**

Comme $\frac{\left[S_2O_8^{2-}\right]_0}{1}>\frac{\left[I^-\right]_0}{2}$ **c'est I^- qui est le réactif limitant.**

3.1 La vitesse moyenne de formation du diiode entre les instants t_1 et t_2.

On utilise les deux points d'abscisses t_1 et t_2 de la courbe, on obtient :

$V_m = \frac{[I_2]_2 - [I_2]_1}{t_2 - t_1}$ **soit** $V_m \simeq 1,2.10^{-4} mol/L/mn$

3.2 Définition de la vitesse de formation de I_2

C'est la dérivée de la concentration de I_2 par rapport au temps ce qui correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse 20mn ; soit $V_{I_2} = \frac{[I_2]_B - [I_2]_A}{t_B - t_A} \simeq 1,9.10^{-4} mol/L/min$

Vitesse de disparition de I^- :

D'après l'équation bilan on a :

$\frac{V(I^-)}{2} = \frac{V(I_2)}{1} \Rightarrow V(I^-) = 2V(I_2)$ **A.N:** $V(I^-) = 3,73.10^{-4} mol/L/mn$

3.3 Le temps de demi réaction est le temps nécessaire à la disparition de $\frac{[I^-]_0}{2}$

ce qui correspond à l'abscisse du point d'ordonnée $[I_2]_{1/2} = \frac{[I^-]_0}{4} = 5.10^{-4} mol/L$

soit $t_{1/2}$=12,5 mn d'après la courbe.

Corrigé de l'exercice5

1 Les demi-équations électroniques :

$2I^- \rightarrow 2e^- + I_2$

$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightarrow 2SO_4^{2-}$

L'équation bilan : $2I^- + S_2O_8^{2-} \rightarrow I_2 + 2SO_4^{2-}$

2 Calcul des concentrations initiales :

$\left[I^-\right]_0 = \frac{C_2V_2}{V_1 + V_2}$ **A.N :** $\left[I^-\right]_0 = 10^{-2} mol/L$

$\left[S_2O_8^{2-}\right]_0 = \frac{C_1V_1}{V_1 + V_2}$ **A.N :** $\left[S_2O_8^{2-}\right]_0 = 5.10^{-3} mol/L.$

3 Calcul des nombres de moles dans l'échantillon V_0 :

$n(I^-)_0 = \frac{C_2V_2}{V_1 + V_2}.V_0 = 10^{-4} mol$

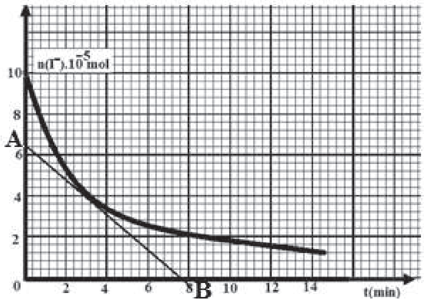
$n(S_2O_8^{2-})_0 = \frac{C_1V_1}{V_1 + V_2}.V_0 = 5.10^{-5} mol$

4.1 La vitesse moyenne de disparition de I^- est

$V_m(I^-) = -\frac{\Delta[I^-]}{\Delta t}$ **A.N** $V_m = -\frac{(2-10).10^{-5}}{10-0} = 8.10^{-6} mol/L/min$

4.2 Définition de la vitesse de disparition de I^-

C'est l'opposée de la dérivée de la concentration de I^- par rapport au temps $V(I^-) = -\frac{d[I^-]}{dt}$ ce qui correspond à l'opposée du coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse 5mn ;



soit $V_{t=5\,min} = -\frac{[I^-]_B - [I^-]_A}{t_B - t_A} \Rightarrow$

$$V_{t=5\,min} = -\frac{0 - 6,4.10^{-5}}{7,6} \approx 8,4.10^{-6}\,mol/L/min$$

La vitesse de disparition de I^- diminue en fonction du temps à cause de la diminution de la concentration

Corrigé de l'exercice6

1 Les demi équations sont : $2I^- \rightarrow 2e^- + I_2$ **et** $S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightarrow 2SO_4^{2-}$

L'équation bilan : $S_2O_8^{2-} + 2I^- \rightarrow 2SO_4^{2-} + I_2$

2 Calcul des concentrations initiales :

$\left[I^-\right]_0 = \frac{C_1V_1}{V} = 0,2mol/L$ **et** $\left[S_2O_8^{2-}\right]_0 = \frac{C_2V_2}{V} = 0,1mol/L$

3.1 Relation entre la concentration du diiode et C_1V_1 :

$2S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow 2S_4O_6^{2-} + 2I^-$

$n_{S_2O_3^{2-}}$ $\quad n_{I_2}$ $\quad n_{I^-}$ $\quad n_{S_4O_6^{2-}}$

$\frac{n_{I_2}}{1} = \frac{n_{S_2O_3^{2-}}}{2}$ or $n_{S_2O_3^{2-}} = C_1V_1 \quad \Rightarrow n_{I_2} = \frac{C_1V_1}{2}$

Comme $C = \left[I_2\right] = \frac{n_{I_2}}{V} \Leftrightarrow C = \frac{C_1V_1}{2V}$

D'où le tableau :

t(min)	2,7	7,5	12	18	25	33	40	56
$V_1(cm^3)$	1,1	3,2	4,8	6,2	7,4	8,4	9	9,7
$Cx10^{-3}$	0,55	1,6	2,4	3,1	3,7	4,2	4,5	4,85

3.2.1La vitesse de formation de I_2 est la dérivée de la concentration de I_2 par rapport à t : $V = \frac{d\left[I_2\right]}{dt}$, elle correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse considérée t. à t=20min

$$V_{20} = \frac{(5 - 1,5).10^{-3}}{40} = 8,75.10^{-5}\ \text{mol/L/min}$$

3.2.2La vitesse moyenne de formation de I_2 est le rapport de la variation de la concentration du diiode sur la variation correspondante du temps :

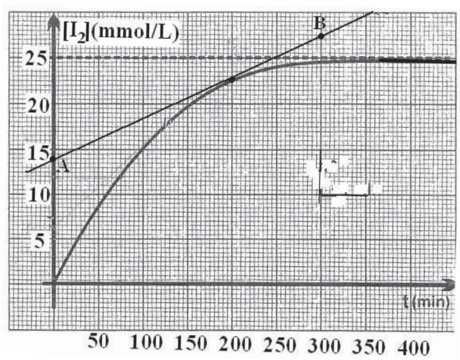
Entre t_1=12min et t_2=40min, on a :

$$V_m = \frac{\left(4,5 - 2,4\right).10^{-3}}{40 - 12} = 2,68.10^{-5}\ \text{mol/L/min}$$

Corrigé de l'exercice7

1 Les demi-équations électroniques :

$$2I^- \rightarrow 2e^- + I_2$$
$$H_2O_2 + 2e^- + 2H^+ \rightarrow 2H_2O$$



L'équation bilan :

$$2I^- + H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow 2H_2O + I_2$$

2.1 Calcul des concentrations initiales :

$\left[I^-\right]_0 = \frac{C_2V_2}{V_1 + V_2 + V_3}$ **A.N :** $\left[I^-\right]_0$ **=6.10^{-2}mol/L**

$\left[H_2O_2\right]_0 = \frac{C_3V_3}{V_1 + V_2 + V_3}$ **A.N :** $\left[H_2O_2\right]_0$ **=$2,5.10^{-2}$mol/L.**

Détermination du réactif limitant :

$\frac{\left[H_2O_2\right]_0}{1} < \frac{\left[I^-\right]_0}{2}$ **le réactif limitant est l'eau oxygénée H_2O_2.**

2.2 Définition de la vitesse de formation de I_2 : C'est la dérivée de la concentration de I_2 par rapport au temps $V(I_2) = \frac{d[I_2]}{dt}$ ce qui correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse t; soit à t=200min

$$V_{t=200\,min} = \frac{[I_2]_B - [I_2]_A}{t_B - t_A} \text{ et } V_{t=8\,min} = \frac{(27 - 14)10^{-3}}{300} \approx 4,3.10^{-5}\ \text{mol / L / min}$$

3 Détermination de $[I_2]_\infty$

La concentration de I_2 à l'infini correspond à la disparition totale de la concentration initiale du réactif limitant ; soit $[I_2]_\infty = [H_2O_2]_0 = 2,5.10^{-2} mol/L$

Ce résultat est bien en accord avec la courbe qui admet une tangente horizontale au point d'ordonnée 25mmol/L.

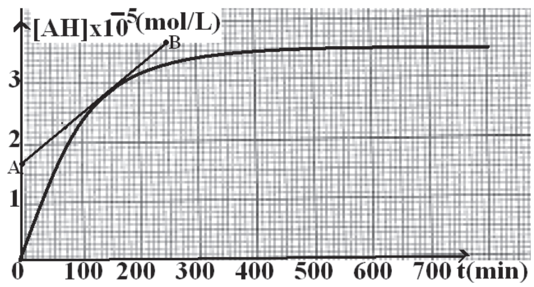
4. Le temps de la demi-réaction :

D'après le graphe $t_{1/2} \approx 75min.$

Corrigé de l'exercice8

1.1 Définition de la vitesse de formation de AH

C'est la dérivée de la concentration de C par rapport au temps $V(AH) = \frac{dC}{dt}$ ce qui correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse t;



$$V_{t=150min} = \frac{C_B - C_A}{t_B - t_A}$$

$$\text{soit } V_{t=150min} = \frac{(3,7 - 1,7)10^{-5}}{250} = 8.10^{-7} mol/L/min$$

1.2 Le temps de demi-réaction est le temps nécessaire à la disparition de $\frac{[AH]_0}{2}$ ce qui correspond à l'abscisse du point d'ordonnée $[AH]_{1/2} = \frac{[AH]_0}{2} = 1,75.10^{-5} mol/L$

soit $t_{1/2}$=70 min d'après la courbe.

Corrigé de l'exercice9

1 La f.s.d de E est :

CH_3-COO-CH_2- CH_2- CH_2-CH_3.La fonction s'appelle la fonction ester

2.1 (A) est l'acide éthanoïque CH_3COOH ;

(B) est l'alcool butan-1-ol CH_3-CH_2- CH_2- CH_2OH.

2. 2 L'équation de la réaction:

$CH_3COOH + CH_3\text{-}CH_2\text{-} CH_2\text{-} CH_2OH \leftrightarrows CH_3\text{-}COO\text{-}CH_2\text{-} CH_2\text{-} CH_2\text{-}CH_3 + H_2O$

3.1 La réaction est la réaction d'estérification qui est lente, limitée par l'hydrolyse de l'ester et athermique.

3.2.1 La vitesse de formation est la dérivée de la quantité de matière par rapport au temps :

V = dn(E) / dt. Elle correspond à la pente de la tangente à la courbe au point d'abscisse considéré. Soit :

$$V_{t_1} = \frac{0,34-0,08}{25} ;10^{-2}\,\text{mol/h} \quad \text{et} \quad V_{t_2} = \frac{0,35-0,2}{40} = 3,75.10^{-3}\,\text{mol/h}$$

Cette vitesse diminue au cours du temps car les quantités de matière des réactifs diminuent.

3.2.2 Calcul du rendement : R=($n_{ester})_{équi}/n_0$= 0,33 / 0,5 = 0,66.

3.2.3 L'équilibre étant atteint à t=48s, la valeur du rendement ne varie pas.

En effet en doublant les quantités initiales des réactifs et en augmentant la quantité du catalyseur, on atteint plus rapidement l'équilibre, sans changer le rendement.

4 On utilise le chlorure d'éthanoyle CH_3COCl ou l'anhydride éthanoïque$(CH_3CO)_2O$ à la place de l'acide éthanoïque car la réaction avec l'alcool est totale

Corrigé de l'exercice10

1 Les couples redox: I_2/I^- **et** H_2O_2/H_2O

$$2I^- \rightarrow 2e^- + I_2$$
$$H_2O_2 + 2e^- + 2H^+ \rightarrow 2H_2O$$

L'équation bilan : $2I^- + H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow 2H_2O + I_2$

2 Calcul des concentrations initiales :

$\left[I^-\right]_0 = \dfrac{C_1V_1}{V_1+V_2}$ **A.N :** $\left[I^-\right]_0$**=2,32.10^{-2}mol/L**

$\left[H_2O_2\right]_0 = \dfrac{C_2V_2}{V_1+V_2}$ **A.N :** $\left[H_2O_2\right]_0$**=2.10^{-2}mol/L.**

Détermination du réactif limitant :

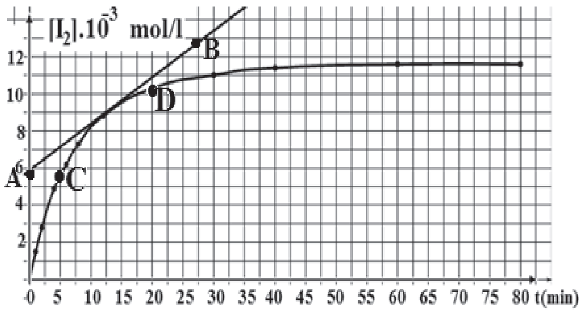
$\dfrac{\left[H_2O_2\right]_0}{1} > \dfrac{\left[I^-\right]_0}{2}$ **Le réactif en excès est l'eau oxygénée H_2O_2.**

3.1 La vitesse moyenne de formation des ions I_2 entre les instants t_1 et t_2 est le rapport de la variation de la concentration des ions I_2 à la variation correspondante du temps. $V_m = \frac{\Delta[I_2]}{\Delta t}$

On utilise les deux points C et D d'abscisses t_1 et t_2 de la courbe, on obtient :

$$V_m = \frac{[I_2]_2 - [I_2]_1}{t_2 - t_1} = \frac{(10,2 - 5,7).10^{-3}}{20 - 5} = 3.10^{-4}\,mol/L/min$$

3.2 Définition de la vitesse de formation de I_2



C'est la dérivée de la concentration de I_2 par rapport au temps : $V = \frac{d[I_2]}{dt}$ **Elle correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse t=12,5min.**

Soit en utilisant les points A (0 ; $5,9.10^{-3}$) B (27,5 ; $12,8.10^{-3}$)

$$V = \frac{[I_2]_2 - [I_2]_1}{t_2 - t_1} = \frac{(12,8 - 5,9).10^{-3}}{27,5 - 0} = 2,5.10^{-4}\,mol/L/min$$

Déduction de la vitesse de disparition de I^- :

D'après l'équation bilan on a :

$$\frac{V(I^-)}{2} = \frac{V(I_2)}{1} \Rightarrow V(I^-) = 2V(I_2) = 5.10^{-4}\,mol/L/min$$

Ces vitesses diminuent en fonction du temps.

Le facteur cinétique responsable de cette diminution est la diminution des concentrations des réactifs.

3.2 Calcul des concentrations restante à t=30min :D'après la courbe à t=30min : $[I_2] = 1,1.10^{-2}\,mol/L$

$$[I^-]_r = [I^-]_0 - [I^-]_d = [I^-]_0 - 2[I_2]$$

$$[I^-]_r = 2,32.10^{-2} - 2,2.10^{-2} = 0,12.10^{-2}\,mol/L$$

$$[H_2O_2]_r = [H_2O_2]_0 - [H_2O_2]_d = [H_2O_2]_0 - [I_2]$$

$$[H_2O_2]_r = 2.10^{-2} - 1,1.10^{-2} = 0,9.10^{-2}\,mol/L$$

4. Détermination du temps de la demi-réaction :

Lorsque la moitié de la concentration initiale de I^- disparait (soit 11,6.10^{-3} mol/L) ; d'après les coefficients stœchiométriques, il se forme 5,8.10^{-3}mol/L de I_2. Le temps $t_{1/2}$ est l'abscisse du point d'ordonnée 5,8.10^{-3}mol/L soit $t_{1/2} \simeq 5\,min$

Corrigé de l'exercice11

1 L'équation de la réaction d'estérification :

$$HCOOH + C_2H_5\text{-}CH_2OH \rightleftarrows HCOOCH_2\text{-}C_2H_5 + H_2O$$

Les caractéristiques de cette réaction : Cette réaction est lente limitée et athermique.

2 Calcul de la quantité d'ester n_e

D'après la conservation de la matière :

$(n_{ac})_0 = (n_{ac})_r + (n_{ac})_d \Rightarrow (n_{ac})_d = (n_{ac})_0 - (n_{ac})_r$ Or $(n_{ac})_d = n_e$ et$(n_{ac})_0$ =1d'où $\boxed{n_e = 1 - n_a}$

Voir tableau

	t(min)	5	10	20	30	40	50	60
M_1	n_a	0,84	0,74	0,64	0,58	0,54	0,52	0,50
M_2	n_a	0,53	0,37	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34
M_1	n_e	0,16	0,26	0,36	0,42	0,46	0,48	0,50
M_2	n_e	0,47	0,63	0,65	0,66	0,66	0,66	0,66

3 Définition de la vitesse moyenne de disparition de l'acide :

C'est l'opposée du rapport de la variation de la quantité de matière de l'acide à la durée de cette variation ; $V_m = -\frac{\Delta n}{\Delta t} = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$

Calcul de V_m entre t_1=5min et t_2=10min :

Pour le premier mélange on obtient :

$V_{m1} = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$ **AN :** $V_{m1} = -\frac{0,74 - 0,94}{10 - 5} = 2.10^{-2}\,mol/min$

Pour le deuxième mélange on obtient :

$V_{m2} = -\frac{n_2 - n_1}{t_2 - t_1}$ et $V_{m2} = -\frac{0,37 - 0,53}{10 - 5} = 3,2.10^{-2}\,mol/min$ **Comparaison :** $V_{m2} > V_{m1}$

4 Le catalyseur est une substance chimique qui accélère la réaction sans apparaitre dans l'équation bilan. L'expérience montre que le catalyseur augmente la vitesse de la réaction.

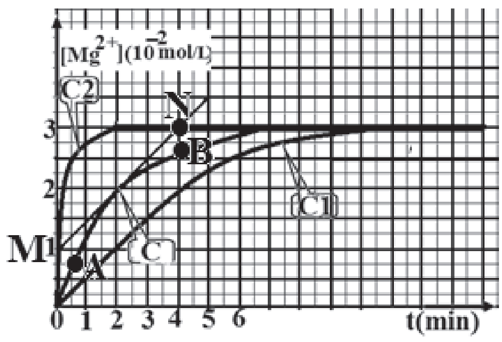
Corrigé de l'exercice12

1On ramène l'acide à doser à la température ambiante pour annuler la vitesse de formation de l'ester ; ainsi l'estérification s'arrête pendant la durée du dosage et n'influence pas la mesure. *Le facteur mis en jeu est la température dont l'augmentation entraîne l'augmentation de la vitesse.*
2 La vitesse instantanée de formation de l'ester est donnée par la détermination de la pente de la tangente à la courbe aux points d'abscisses t_1 et t_2 : $v(t_1) \approx 10.10^{-2}$ mol/h $\quad v(t_2) \approx 0,2.10^{-2}$ mol/h
Les résultats précédents sont en accord avec le fait que la vitesse de formation des produits augmente avec la *concentration des réactifs*, car la probabilité de rencontre et donc de choc entre les molécules augmente. Dans la réaction d'estérification, la concentration des réactifs diminue au cours du temps et donc la vitesse en même temps ; c'est ce que confirme l'expérience.
3 Les ions H_3O^+ sont des catalyseurs qui accélèrent la réaction d'estérification mais n'ont pas d'influence sur sa limite. La courbe (3) correspond à une limite d'estérification différente ; la courbe (2) a une pente donc une vitesse inférieure à celle de la courbe (1) . Ces deux courbes sont donc à rejeter .La bonne courbe est la courbe (4) qui a la même limite d'estérification mais dont la limite est atteinte plus rapidement.

Corrigé de l'exercice13

1.1 La vitesse moyenne de formation des ions Mg^{2+} entre les instants t_1 et t_2 est le rapport de la variation de la concentration des ionsMg^{2+} à la variation correspondante du temps. $V_m = \frac{\Delta\left[Mg^{2+}\right]}{\Delta t}$
On utilise les deux points A et B d'abscisses t_1 et t_2 de la courbe, on obtient :

$$V_m = \frac{[Mg^{2+}]_2 - [Mg^{2+}]_1}{t_2 - t_1} = 5,3.10^{-3}\,mol/L/min$$



1.2. Définition de la vitesse de formation de Mg^{2+}

C'est la dérivée de la concentration de Mg^{2+} par rapport au temps : $V = \frac{d\left[Mg^{2+}\right]}{dt}$
Elle correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse t=2min ; soit

$$V = \frac{[Mg^{2+}]_2 - [Mg^{2+}]_1}{t_2 - t_1} = \frac{(3-1).10^{-2}}{4-0} = 5.10^{-3}\,mol/L/min$$

Déduction de la vitesse de disparition de H_3O^+ :

D'après l'équation bilan on a :

$$\frac{V(H_3O^+)}{2} = \frac{V(Mg^{2+})}{1} \Rightarrow V(H_3O^+) = 2V(Mg^{2+})$$

Numériquement : $V(H_3O^+) = 1.10^{-2} mol/L/mn$

1.3. La concentration finale de Mg^{2+}

D'après la courbe : $\left[Mg^{2+}\right]_f = 3.10^{-2} mol/L$

Montrons que le magnésium est le réactif en excès :

Calcul de la concentration initiale de Mg : $[Mg]_0 = \frac{0,02}{0,5} = 4.10^{-2} mol/L$

Il se forme 3.10^{-2}mol/L en fin de réaction, les coefficients stœchiométriques étant les mêmes pour Mg et Mg^{2+}, il restera $(4-3).10^{-2} = 10^{-2}$mol/L de Mg non transformé. Mg est donc en excès.

1.4. Déduction de la concentration initiale de l'acide :

$$\frac{\left[H_3O^+\right]}{2} = \frac{\left[Mg^{2+}\right]_f}{1} \Rightarrow \left[H_3O^+\right] = 2\left[Mg^{2+}\right]_f = 6.10^{-2} mol/L$$

L'acide étant fort $\left[H_3O^+\right] =$ **C=6.10^{-2} mol/L**

1.5. Calcul des concentrations restante à t=4min :

D'après la courbe à t=4min : $\left[Mg^{2+}\right] = 2,6.10^{-2} mol/L$

Or $[Mg]_r = [Mg]_0 - [Mg]_d = 4.10^{-2} - 2,6.10^{-2} = 1,4.10^{-2} mol/L$

$$\left[H_3O^+\right]_d = 2[Mg]_d = 2x2,6.10^{-2} = 5,2.10^{-2} mol/L$$

$$\left[H_3O^+\right]_r = \left[H_3O^+\right]_0 - \left[H_3O^+\right]_d$$
$$= 6.10^{-2} - 5,2.10^{-2} = 8.10^{-3} mol/L$$

2

- **Lorsque la température diminue la vitesse diminue (courbe C_1 pour$\theta_2<\theta_1$).**
- **Lorsqu'on fixe θ et on ajoute un catalyseur la vitesse augmente (courbe C_2).**

Corrigé de l'exercice14

1° L'équation bilan de la réaction :

$$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$$

2.1 Expression de la concentration :

$$\left(n_{H_2O_2}\right)_d = 2n_{O_2} \quad \text{or } n_{O_2} = \frac{V_{O_2}}{V_m} \Leftrightarrow \left(n_{H_2O_2}\right)_d = 2\frac{V_{O_2}}{V_m}$$

$$\left(n_{H_2O_2}\right)_r = \left(n_{H_2O_2}\right)_0 - \left(n_{H_2O_2}\right)_d$$

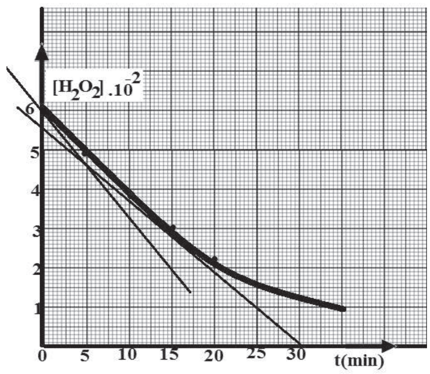
$$\left(n_{H_2O_2}\right)_r = C - 2\frac{V_{O_2}}{V_m V} \Rightarrow \alpha = 2$$

2.2 Représentation de la courbe :

t_{min}	0	5	10	15	20	30
V_{O2} formé en L	0	1,56	2,74	3,65	4.42	5.56
$[H_2O_2]_{restant}$ en mol/L	6.10^{-2}	$4{,}710^{-2}$	$3{,}710^{-2}$	310^{-2}	$2{,}310^{-2}$	$1{,}410^{-2}$

Pour la représentation de la courbe voir la page suivante.

2.3 La vitesse de disparition du peroxyde d'hydrogène correspond à la valeur absolue de la pente de la tangente à la courbe à l'instant considéré.



$$V = \left|\frac{d[H_2O_2]}{dt}\right|$$

D'après la courbe V_0 =2,7.10^{-3}mol/L/min et V_{16} =1,8.10^{-3}mol/L/min.

La vitesse diminue en fonction du temps.

2.4 Le temps de la demi réaction correspond à la durée nécessaire pour que

$[H_2O_2]$=C/2= 3.10^{-2} mol disparaisse, soit graphiquement $t_{1/2}$=15min

Corrigé de l'exercice15

1.1 Les couples redox: I_2/I^- et H_2O_2/H_2O

L'équation d'oxydation de l'ion I^- : $2I^- \rightarrow 2e^- + I_2$

L'équation de réduction de H_2O_2: $H_2O_2 + 2e^- + 2H^+ \rightarrow 2H_2O$

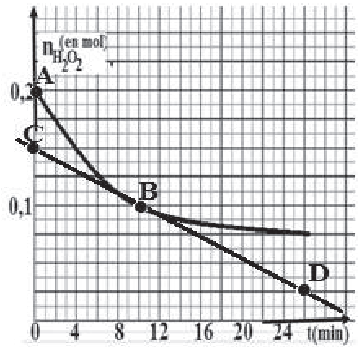
L'équation bilan : $2I^- + H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow 2H_2O + I_2$

1.2

L'équation d'oxydation de l'ion $S_2O_3^{2-}$: $2S_2O_3^{2-} \rightarrow 2e^- + S_4O_6^{2-}$

L'équation de réduction de I_2: $I_2 + 2e^- \rightarrow 2I^-$

L'équation bilan : $2S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$



2.1. La vitesse moyenne de disparition des ions H_2O_2 entre les instants t_1 et t_2 est l'opposé du rapport de la variation de la concentration H_2O_2à la variation correspondante du temps. $V_m = -\frac{\Delta[H_2O_2]}{\Delta t}$

On utilise les deux points A et B d'abscisses t_1 et t_2 de la courbe, on obtient :

$$V_m = -\frac{[H_2O_2]_2 - [H_2O_2]_1}{t_2 - t_1} = -\frac{(0,2-0,1)}{10-0} = 1.10^{-2}\,mol/min$$

2.2 Définition de la vitesse de formation de I_2

C'est la dérivée de la concentration de H_2O_2 par rapport au temps :

$$V = -\frac{d[H_2O_2]}{dt}$$

Elle correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse t=10min.

Soit en utilisant les points C (0 ; 0.15) et D (26 ; 0,025)

$$V = -\frac{[H_2O_2]_2 - [H_2O_2]_1}{t_2 - t_1} = -\frac{(0,025-0,15)}{26-0} = 4,8.10^{-3}\,mol/min$$

Déduction de la vitesse de disparition de I^- :
D'après l'équation bilan on a :

$$\frac{V(I^-)}{2} = \frac{V(H_2O_2)}{1} \Rightarrow V(I^-) = 2V(H_2O_2) = 9,6.10^{-3}\,mol/min$$

2.3 Calcul du volume de thiosulfate

D'après la première équation-bilan :

$$\frac{(n_{I_2})_f}{1} = \frac{(n_{H_2O_2})_d}{1}$$

$$(n_{I_2})_f = n_0 - (n_{H_2O_2})_r$$

D'après la deuxième équation-bilan :

$$\frac{(n_{I_2})_d}{1}=\frac{(n_{S_2O_2^{3-}})_d}{2}$$

or $(n_{I_2})_d$ lors de la 2ème réaction est le même que$(n_{I_2})_f$ lors de la 1ème réaction

$$\Leftrightarrow n_0-(n_{H_2O_2})_r=\frac{(n_{S_2O_2^{3-}})_d}{2}=\frac{CV}{2}\Rightarrow V=\frac{2}{C}(n_0-(n_{H_2O_2})_r)=100mL$$

2.4 Détermination du temps de la demi-réaction :

Lorsque la moitié de la concentration initiale de H_2O_2 disparait (soit 0,1mol). Le temps $t_{1/2}$ est l'abscisse du point d'ordonnée 0,1mol soit $t_{1/2}$=10min.

Corrigé de l'exercice16

1 Les quantités de matière initialement introduites dans le mélange

$n_1(I^-)= C_1V_1=0,1x50.10^{-3} = 5.10^{-3}$ mol

$n_2(Fe^{3+})= 2C_2V_2=2x0,02x50.10^{-3} = 2.10^{-3}$ mol

Le réactif limitant

$$\frac{n(I^-)}{2}=\frac{5.10^{-3}}{2}=2,5.10^{-3}mol$$

$\frac{n(Fe^{3+})}{2}=\frac{2.10^{-3}}{2}=10^{-3}mol$ **Le réactif limitant est l'ion Fe^{3+}**

2.1 L'eau glacée permet de ralentir considérablement la réaction

2.2 La décoloration du mélange est due à la transformation de toute la quantité de I_2 en ions I^-

2.3 A l'équivalence

$$n(I_2)=\frac{n(S_2O_3^{2-})}{2}=\frac{CV}{2}=\frac{5.10^{-3}x12.10^{-3}}{2}=3.10^{-5}mol$$

2.4 La composition du mélange

$$n(I_2)=0,3.10^{-4}mol$$

$$n(I^-)_r=n(I^-)_0-n(I^-)_d=n(I^-)_0-2n(I_2)$$
$$n(I^-)_r=5.10^{-4}-0,6.10^{-4}=4,4.10^{-4}mol$$

$$n(Fe^{3+})_r = n(Fe^{3+})_0 - n(Fe^{3+})_d = n(Fe^{3+})_0 - 2n(I_2)$$

$$n(Fe^{3+})_r = 2.10^{-4} - 0,6.10^{-4} = 1,4.10^{-4}\,mol$$

$$\frac{n(I_2)}{1} = \frac{n(Fe^{2+})}{2} \Rightarrow n(Fe^{2+}) = 2n(I_2) = 0,6.10^{-4}\,mol$$

3.1 Comme la courbe devient // à l'axe des abscisses à partir de t=15min, la réaction est totale

3.2

La vitesse correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse considéré.

Soit en utilisant les points A (0 ; 0) et B (1 ; 0,9.10^{-3}) pour t=0 puis

C(0 ;0, 5.10^{-3}) et D(8 ;1,1.10^{-3}) pour t=4min

$$V_{t=0} = \frac{0,9.10^{-3} - 0}{1-0} = 9.10^{-4}\,mol/min \;et\; V_{t=4} = \frac{(1,1-0,5).10^{-3}}{8-0} = 0,75.10^{-4}\,mol/min$$

3.3. La vitesse diminue en fonction du temps à cause de la diminution de la concentration des réactifs.

Corrigé de l'exercice17

1 Les quantités de matière initialement introduites dans le mélange
$n_0(H_2O_2)$= C_1V_1= 4,5.10^{-3} mol
$n_0(I^-)$= C_2V_2= 6.10^{-3} mol
Le réactif limitant

$$\frac{n_0(I^-)}{2} = \frac{6.10^{-3}}{2} = 3.10^{-3}\,mol$$

$$n_0(H_2O_2) = 4,5.\,10^{-3}\,mol$$

Le réactif limitant est l'ion I^-
1.3 Déduction de $(n_{I2})_{max}$

$$(n_{I_2})_{max} = \frac{n_0(I^-)}{2} = \frac{6.10^{-3}}{2} = 3.10^{-3}\,mol$$

2.1 La vitesse correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse considéré.
Soit en utilisant les points A (0 ; 0,5) et B (19,5 ; 3,5.10^{-3})

$$V_{t=9} = \frac{3,5.10^{-3} - 1,5.10^{-3}}{19,5-0} = 10^{-4}\,mol/min$$

2.2 Pour $t_2 > t_1$ la vitesse diminue à cause de la diminution des concentrations des réactifs.

3 Pour augmenter la vitesse de formation de I_2 soit on augmente la température soit on utilise un catalyseur.

Deuxième partie

Solutions aqueuses

I Notions générales

Une solution est un mélange de soluté et de solvant.
Le soluté est le corps qui est dissout et le solvant est le corps dans lequel s'effectue la dissociation.

Une solution est dite aqueuse lorsque le solvant est l'eau.
Par exemple, le sucre (soluté solide) et l'eau (solvant) forment un soluté/solvant car leur mélange forme une unique phase.
On définit les grandeurs suivantes :

- **m : masse du soluté en g.**
- **n : quantité de matière du soluté en mol.**
- **M : masse molaire du soluté en $g.mol^{-1}$.**
- **C : concentration molaire de la solution en $mol.L^{-1}$.**
- **C_m : concentration massique de la solution en $g.L^{-1}$.**
- **V : volume de la solution en L.**

Les formules suivantes sont à connaître :

$$n = CV = \frac{m}{M} = \frac{V}{V_m}$$

Les techniques expérimentales à connaître sont les suivantes :

- **La dissolution permet de préparer une solution en mélangeant une espèce chimique pure (le plus souvent en poudre) dans un solvant.**
- **La dilution permet de préparer une solution peu concentrée (la solution fille) à partir d'une solution trop concentrée (la solution mère).**
  Lors d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve :
  $C_{mère}V_{mère} = C_{fille}V_{fille}$.

Lors d'une dilution le facteur de dilution est le rapport de la concentration de la solution mère sur celle de la solution fille : $f = \frac{C_{mère}}{C_{fille}}$.

Il est aussi égal au rapport du volume de solution fille que l'on souhaite préparer sur le volume de solution mère à prélever

II LES SOLUTIONS ACIDES-BASES

1. L'autoprotolyse de l'eau pure

Les chocs entre les molécules d'eau pure produisent des ions. L'eau pure est donc faiblement conductrice d'électricité.

$$2H_2O \rightarrow H_3O^+ + OH^- \ (1)$$

Ces ions de signes opposés s'attirent et redonnent rapidement des molécules d'eau : $H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O \quad (2)$

Chaque réaction est réversible et limitée par la réaction inverse.

Les réactions (1) et (2) conduisent à un équilibre chimique, traduit par la réaction :

$$2H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$$

- **Produit ionique de l'eau :**

  $Ke = \left[H_3O^+\right].\left[OH^-\right]$ à 25°C $Ke = 10^{-14}$

La réaction d'autoprotolyse d'eau fournit autant d'ions H_3O^+ que d'ions OH^-.

$$A25°C \left[H_3O^+\right] = \left[OH^-\right] = 10^{-7}\ mol/L$$

2. Le pH

1. Définition du pH:

Le pH d'une solution est l'opposé du logarithme décimal de la concentration en ions hydronium, il permet de déterminer l'acidité la basicité ou la neutralité d'une solution aqueuse.

$$pH = -\log\left[H_3O^+\right] \Leftrightarrow \left[H_3O^+\right] = 10^{-pH} mol/L$$

2. Evaluation du pH d'une solution

Le pH se mesure avec:

- Le pH-mètre

- Le papier pH

3. Les différentes solutions aqueuses :

- **Une solution est acide si son pH est compris entre 0 et 7. Plus une solution est acide, plus son pH est faible, plus il se rapproche de 0.**
- **Une solution est basique si son pH est compris entre 7 et 14. Plus une solution est basique, plus son pH est grand, plus il se rapproche de 14.**

- **Si le pH est égal à 7 alors la solution n'est ni acide ni basique, on dit qu'elle est neutre.**

4. Lien entre les ions et le pH.

Toute solution aqueuse contient des molécules d'eau, des ions hydrogène H^+ et des ions hydroxyde HO^- .

- **Une solution acide (pH<7) contient plus d'ions hydrogène H^+ que d'ions hydroxyde HO^- .**
- **Une solution neutre (pH=7) contient autant d'ions hydrogène H^+ que d'ions hydroxyde HO^-.**
- **Une solution basique (pH>7) contient moins d'ions hydrogène H^+ que d'ions hydroxyde HO^-.**

III Les acides et les bases:

1. Définitions

- **Un acide est une espèce chimique capable de céder au moins un proton H^+ :** $AH \rightarrow A^- + H^+$

Exemples : $HCOOH \rightleftharpoons HCOO^- + H^+$ et $H_3O^+ \rightleftharpoons H^+ + H_2O$

Un acide est fort s'il se dissout complètement dans l'eau pure pour donner des ions hydronium. L'équation de la réaction s'écrit :

$$HA + H_2O \rightarrow H_3O^+ + A^-.$$

Exemples : $\begin{cases} HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^- \\ HNO_3 + H_2O \rightarrow H_3O^+ + NO_3^- \end{cases}$

Dans une solution aqueuse d'acide fort de concentration C_a,

$[H_3O^+] = C_A \Leftrightarrow pH = -\log C_A$

Les ions Cl^- et NO_3^- sont dits des ions indifférents ou spectateurs.

- **Une base est une espèce chimique capable de capter au moins un proton H^+ :**

$$B + H^+ \rightarrow BH^+$$

Exemples : $\begin{cases} NH_3 + H^+ \rightleftarrows NH_4^+ \\ CH_3COO^- + H^+ \rightleftarrows CH_3COOH \end{cases}$

Une base est forte si elle se dissout totalement dans l'eau pour donner des ions hydroxyde.

Exemples :

hydroxyde de potassium : $KOH \xrightarrow{H_2O} K^+ + OH^-$

hydroxyde de sodium : $NaOH \xrightarrow{H_2O} Na^+ + OH^-$

Dans une solution aqueuse de base forte de concentration C_b,

$$[OH^-] = C_b \Leftrightarrow pH = 14 + \log C_b$$

Les ions K^+ et Na^+ sont dits des ions indifférents ou spectateurs.

2. Lois de conservation

- **Électroneutralité :**

Dans une solution le nombre total de charges positives est égal au nombre total de charges négatives. $\sum[X^+] = \sum[X^-]$

- **Conservation de la matière :**

La masse totale des produits apparus au cours d'une réaction chimique est égale à la masse des produits qui ont disparu.

Si on additionne ce qui est en solution transformé et ce qui n'a pas changé, on retrouve ce qu'on a mis au départ.

IV Les couples acides-bases

1. Définitions

- **Un acide est dit faible en solution aqueuse si sa réaction avec l'eau n'est pas totale. Dans une solution aqueuse d'acide faible de concentration C, $[H_3O^+] < C$, soit $pH > -\log C$.**
- **Une base est dite faible en solution aqueuse si sa réaction avec l'eau n'est pas totale. Dans une solution aqueuse de base faible de concentration C, $[OH^-] < C$, soit $pH < 14 + \log C$.**
- **Deux espèces acide et base sont dites conjuguées si elles constituent un couple acide base, c'est-à-dire si elles sont reliées par le schéma formel suivant : Acide $\leftrightarrows$ Base $+ H^+$**

Un couple acide base noté AH/A^- ou BH^+/B.

2. Coefficient d'ionisation :

Le coefficient d'ionisation α est le rapport de la quantité de molécules d'acide dissociées à la concentration initiale de l'acide. $\alpha = \frac{[\text{Forme ionisée}]}{(\text{Concentration totale})} = \frac{[A^-]}{C}$

3. Constante d'acidité :

Considérons l'acide AH, acide du couple AH/A^-. AH se dissout partiellement dans l'eau pure selon la réaction d'équation bilan : $AH + H_2O \rightleftarrows A^- + H_3O^+$

Lors de la dissolution d'un acide faible dans l'eau, les concentrations des espèces en équilibre sont liées par une constante d'équilibre K_A appelée constante d'acidité du couple AH/A^- ou constante de dissociation de l'acide AH dans l'eau.

Par définition, la constante d'acidité du couple AH/A^- s'écrit :

$$K_A = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[AH]}$$

Ce qui donne la relation d'Henderson : $pH = pK_A + \log\frac{[A^-]}{[AH]}$

4. Les solutions tampons :

- **Définition :**

Une solution-tampon est une solution dans laquelle les variations de pH sont modérées. Son pH varie peu même si :

- **On ajoute un peu d'acide fort**
- **On ajoute un peu d'acide faible**
- **On dilue la solution.**

La solution-tampon amortit les variations du pH et son pH est égal au pka du couple.

V Le dosage

1. Définition

Doser une solution, c'est déterminer la concentration de l'acide ou de la base qu'elle contienne, en versant progressivement un acide fort ou une base forte sur une solution acide ou basique de nature différente.

Un dosage acido-basique peut-être suivi par :

- **pH-mètrie : on suit l'évolution du pH au cours de la réaction.**
- **Colorimétrie : on utilise un indicateur coloré.**

Exemples d'indicateurs colorés :

Indicateur	*Teinte de la forme acide*	*Zone de virage*	*Teinte de la forme basique*
Hélianthine	**Rouge**	**3,1 - 4,4**	**Jaune**
Bleu de bromothymol	**Jaune**	**6,0 - 7,6**	**Bleu**
phénolphtaléine	**incolore**	**8 - 10**	**violet**

Ce procédé permet de tracer ce qu'on appelle la courbe de dosage pH=f(V) dont la forme change en fonction du dosé (acide faible ou fort ou bien base forte ou faible) ou du dosant (acide fort ou base forte).

Voir les différentes courbes de dosage sur la page suivante.

2. Point d'équivalence :

Il y a équivalence lorsque les réactifs ont été mélangés dans les proportions stœchiométriques de la réaction de dosage.

$$n_A = n_A \Leftrightarrow C_A . V_A = C_B . V_{BE}$$

L'équivalence de la réaction correspond au point d'inflexion de la courbe dans le domaine de la brusque variation de pH observée (saut de pH).

- **Détermination du point d'inflexion par la méthode des tangentes :**
- ✓ **Tracer deux droites tangentes à la courbe au milieu des deux parties incurvées la plus haute et la plus basse.**
- ✓ **Tracer un segment perpendiculaire aux deux tangentes déjà tracées.**
- ✓ **Tracer la droite parallèle aux deux tangentes et passant par le milieu du segment.**
- ✓ **Cette droite coupe la courbe en un point E qui est le point d'inflexion ou point d'équivalence acido-basique.**
- **Emploi d'indicateurs colorés :**

Les indicateurs colorés sont des réactifs dont la couleur dépend du pH. Ils sont caractérisés par leur zone de virage. Un indicateur peut être utilisé pour repérer la fin d'un dosage si l'équivalence est atteinte dans les zones de virage.

3. Demi-équivalence :

En ce point, la quantité du dosant n est égale à la moitié de la quantité n_0 introduite au départ.

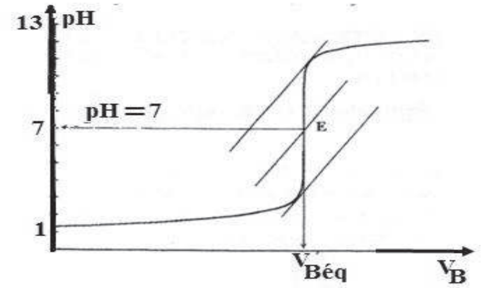
Nous aurons à la demi-équivalence : $n = \frac{n_0}{2}$

$pH = pK_A + \log\frac{[A^-]}{[AH]}$ **s'écrit alors** $pH = pK_A$

à la demi-équivalence $[AH] = [A^-]$ et $pH = pK_A$

Courbes de dosage

Dosage d'un acide fort par une base forte



-A l'équivalence acido-basique

$n_a = n_b \Leftrightarrow C_aV_a = C_bV_{béq}$

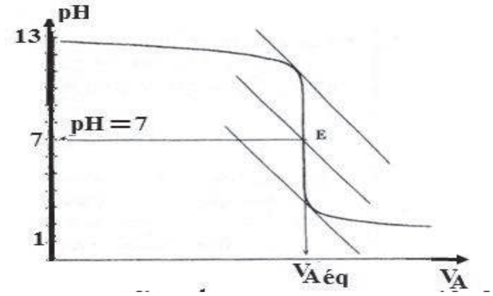
-Les coordonnés du point d'équivalence E : E(V_E ;pH=7)

-L'équation de la réaction du dosage d'un acide fort par une base forte :

$$H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$$

-Indicateur convenable : BBT

Dosage d'une base forte par un acide fort



-A l'équivalence acido-basique

$$n_a = n_b \Leftrightarrow C_bV_b = C_aV_{aéq}$$

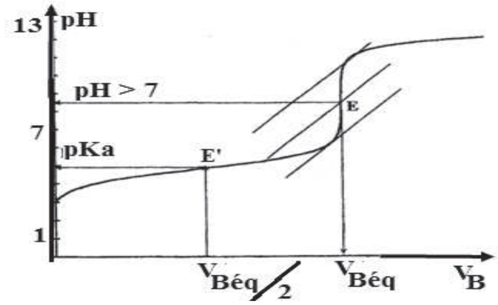
-Les coordonnés du point d'équivalence E : E(V_E ;pH=7)

-L'équation de la réaction du dosage d'une base forte par acide fort:

$$H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$$

-Indicateur convenable : BBT

Dosage d'un acide faible par une base forte



-A l'équivalence acido-basique

$$n_a = n_b \Leftrightarrow C_aV_a = C_bV_{béq}$$

-Les coordonnés du point d'équivalence E : E(V_E ;pH>7)

-L'équation de la réaction du dosage d'un acide faible par une base forte :

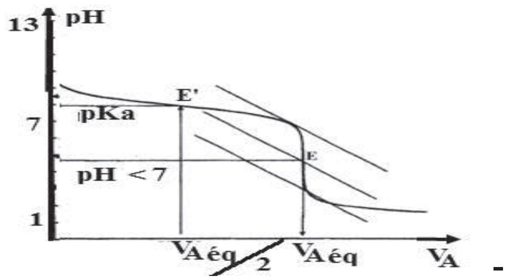
$$AH + OH^- \rightarrow A^- + H_2O$$

-A la demi-équivalence E'

$$E'(V_b = \frac{V_{bE}}{2} ; pH_E = pKa)$$

-Indicateur convenable : phénolphtaléine

Dosage d'une base faible par un acide fort



A l'équivalence acido-basique

$$n_a = n_b \Leftrightarrow C_bV_b = C_aV_{aéq}$$

-Les coordonnés du point d'équivalence E :

$$E(V_E ; pH_E < 7)$$

-L'équation de la réaction du dosage d'une base faible par acide fort:

$$B + H_3O^+ \rightarrow BH^+ + H_2O$$

-A la demi-équivalence E'

$$E'(V_a = \frac{V_{aE}}{2} ; pH_E = pKa)$$

-Indicateur convenable : Hélianthine

Exercice1

Soient une solution aqueuse S_1 de chlorure de potassium KCl de molarité C_1=0,05mol/L et une solution aqueuse S_2 de chlorure de sodium NaCl de molarité C_2=0,04mol/L. Toutes les solutions et mélanges ont un pH neutre

1. Donner les molarités de toutes les espèces chimiques présentes dans S_1

2. Donner les molarités de toutes les espèces chimiques présentes dans S_2

3. Donner les molarités de toutes les espèces chimiques présentes dans le mélange obtenu avec V_1=40mL de S_1et V_2=60mL de S_2.

Exercice2

On effectue le mélange V_a=200mL d'acide chlorhydrique de molarité C_a=0,08mol /L et de V_b=300mLde solution de soude de molarité C_b.

Le pH du mélange a pour valeur 3.2 : Calculer la valeur de C_b.

Exercice3

On effectue le mélange de V_a mL d 'acide chlorhydrique de molarité C_a=0,03ml/L et de V_b(mL) de solution de soude de molarité C_b =0,02mol/L . Le volume total du mélange a pour valeur V=1L et son pH est 4
Calculer les valeurs de V_a et V_b

Exercice4

On effectue le mélange de V_a=10mL de solution d'acide chlorhydrique de molarité C_a =0,06mol/L et de V_b de solution de chlorure de sodium de molarité C_b . Le pH du mélange a pour valeur 2. Calculer la valeur de V_b .
La valeur de C_b intervient –elle ? Pourquoi ?

Exercice5

On effectue le mélange de V_a =200cm^3 d 'acide chlorhydrique de molarité C_a = 0,05ml/L et deV_b=500cm^3 de solution d 'hydroxyde de potassium de molarité C_b et de V_c =300cm^3 de solution de chlorure de sodium de molarité . C_c = 0,04mol/L. Le pH du mélange a pour valeur 3 .Calculer les molarités en ions chlorure et en ions sodium puis la valeur de C_b

Exercice6

1. Soit une solution A de chlorure d'hydrogène de molarité C =10^{-3} mol/L Son pH =3.

Soit une solution B d'acide éthanoïque de molarité C'=10^{-2}mol/L. Son pH=3,4

Quelles sont les espèces chimiques présentes dans les deux solutions ? Calculer leurs molarités.

Que peut-on dire de la réaction sur l'eau :

-du chlorure d'hydrogène de molarité C

-de l'acide éthanoïque de molarité C'

2.On prend 10cm^{3}de la solution A précédente à la quelle on ajoute 990cm^3 d'eau ; la valeur du pH est alors 5.

On prend 10cm^{3}de la solution B précédente à la quelle on ajoute 990cm^3 d'eau ; la valeur du pH est alors 4.4

Expliquer qualitativement les changements de pH

Exercice7

Le pH d'une solution d'éthanoate de sodium de molarité 0,1 mol/L est de 8,9.

1. Faire le bilan qualitatif et quantitatif des espèces chimiques présentes dans la solution.

2. Déterminer à l'aide des molarités ci-dessus une valeur approchée de la constante d'acidité et du pK_a du couple acide éthanoïque-ion éthanoate.

Exercice 8

On veut calculer à partir de mesures de pH, la valeur de la constante d'acidité K_a, associée au couple acide méthanoïque / ion méthanoate ($HCOOH/HCOO^-$)

1. Une solution d'acide méthanoïque de concentration 0,1mol/L a un pH=2,4.

Calculer les molarités des espèces chimiques présentes dans la solution et en déduire les valeurs de la constante d'acidité et du pK_a du couple

2.Un mélange de 50 cm^3 de la solution d'acide méthanoïque de concentration 0,1mol/L et de 50cm^3 d'une solution de méthanoate de sodium de concentration 0,2 mol/L a un pH=4,1.
Calculer les concentrations des différentes espèces chimiques présentes et en déduire les valeurs de la constante d'acidité et du pK_a.

Exercice 9

1. Une solution d'acide chlorhydrique a un pH de 1,7.

Quelle est la concentration molaire C_1 de cette solution.

2. On mélange un volume $V_1 = 15cm^3$ d'acide chlorhydrique de concentration C_1 avec :

-soit un volume $V_2 = 15cm^3$ d'une solution de chlorure de sodium de molarité $C_2 = 0,02mol/L$, le pH du mélange est 2 ;

- soit un volume $V_3 = V_2 = 15cm^3$ d'une solution d'éthanoate de sodium de même concentration $C_3 = C_2$; le pH du mélange est 3,4.

2.1. Lorsqu'on ajoute dans l'acide chlorhydrique la solution de chlorure de sodium, le pH varie. Y a-t-il eu réaction ? Si oui, la quelle ? Si non, pourquoi ?

2.2. Lorsqu'on ajoute dans l'acide chlorhydrique la solution de l'éthanoate de sodium dans les mêmes conditions expérimentales, la variation du pH n'est pas la même. Ya-t-il eu réaction ? Si oui, la quelle ? Si non, pourquoi ?

Exercice10

On dispose de deux solutions S_1et S_2 de concentrations molaires respectives C_1 et C_2. On mesure le pH du mélange avec des volumes V_1 de S_1 et V_2 de S_2 :

SolutS_1	SolutS_2	V_1	V_2	C_1	C_2	pHmélange
HCl	H_2O	50mL	<u>A</u>	0,1mol/L	55,6mol/L	2
$C_2H_4O_2$	NaOH	20mL	10mL	0,1mol/L	<u>B</u>	4,75
HCl	NH_3	20mL	20mL	<u>D</u>	0,1mol/L	9,2

Remplacer, dans le tableau, les lettres A, B et D par les valeurs numériques correspondantes en justifiant les réponses.
On donne :$pK_a = 4,75$ pour CH_3COOH/CH_3COO^- ; $pK_a = 9,2$ pour NH_4^+/NH_3.

Exercice11

On mélange 50mL d'une solution centimolaire d'acide éthanoïque et 200mL d'une solution d'ammoniac de concentration C_b. Le pH du mélange est 7. Calculer C_b.

On donne : le $pK_a = 4,8$ pour CH_3COOH/CH_3COO^- et le $pK_a = 9,2$ pour NH_4^+/NH_3.

Exercice12

On mesure le pH du mélange pendant le dosage de V_a=40cm^3 d'une solution aqueuse d'un monoacide minéral (que l'on notera AH) par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique C_b = 0,5 mol/L. On obtient la courbe de dosage de la figure

1. Ecrire l'équation bilan du dosage.

2. Déterminer sur la courbe le point d'équivalence acido-basique et ses coordonnées.

3. Expliquer pourquoi le pH à l'équivalence n'est pas neutre.

4. Calculer la concentration molaire volumique totale de la solution basique dosée.

5. Déterminer graphiquement le pK_a du couple acide-base présent dans la solution dosée.

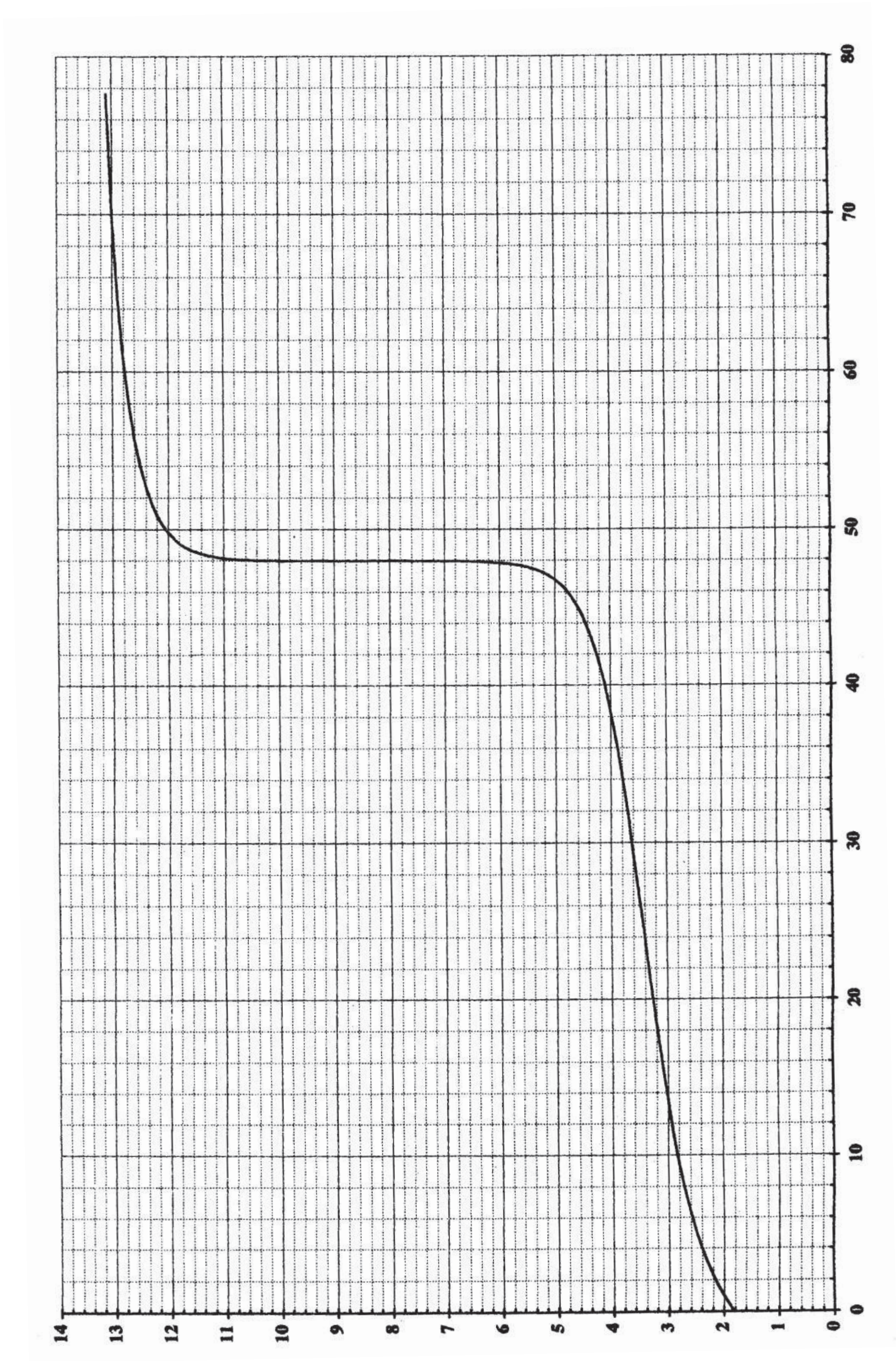
6. Le dosage est arrêté au moment précis où l'équivalence acido-basique est atteinte. On laisse l'eau du mélange s'évaporer et on pèse le sel obtenu. On trouve m = 1,66g.

6.1. Quelle est la quantité (en nombre de moles) du sel restant.

6.2. Quelle est la masse molaire de ce sel ?

6.3. L'analyse élémentaire ayant montré que la molécule d'acide initial comprenait de l'azote, de l'hydrogène, d'oxygène et que le sel ne contenait, pas d'hydrogène. Donner la formule de l'acide.

Données : N : 14g/mol H : 1 g/mol 0: 16g/mol Na: 23g/mol


0
10
20
30
40
50
60
70
80
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

Exercice13

Soient trois solutions acides S_1, S_2, S_3 ayant des pH de même valeur :

- S_1 une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_1 = 7/1000$ mol /L.

- S_2 est une solution d'acide 2-chloropropanoïque (noté R_2COOH) de concentration $C_2 = 0,03$ mmol/L.

- S_3 est une solution d'acide 3-chloropropanoïque (noté R_3COOH) de concentration $C_3 = 0,6$ mol/L.

1. Donner la valeur commune du pH de ces solutions
2. Donner les équations bilans de réaction des acide 2-chloropropanoïque et 3-Chloropropanoïque avec l'eau. Montrer que ces acides sont des acides faibles.
3. Lequel de ces deux acides est l'acide le plus fort ? Justifier votre réponse sans calcul. A partir des valeurs de l'énoncé. (Ce résultat était-il prévisible en considérant la structure des molécules ? justifié.

Exercice14

Les solutions sont maintenant à la température de 25°C pendant toutes les expériences.

On dispose de deux solutions :

-Une solution aqueuse (A) d'acide chlorhydrique de concentration

$C_A = 0,1$ mol/L

-Une solution aqueuse (B) d'une amine RNH_2 de concentration

$C_B = 3,2\ 10^{-2}$ mol/L et de pH = 11,4.

1. Ecrire l'équation bilan de la réaction du chlorure d'hydrogène avec l'eau. Calculer la valeur du pH de la solution (A).

2. Ecrire l'équation bilan de la réaction de l'amine avec l'eau, en précisant est-ce que la réaction est partielle ou totale.

3. Pour préparer une solution tampon (S) de pH = 10,8, on mélange deux volumes des deux solutions (A) et (B).

3.1. Calculer les volumes V_A et V_B nécessaires pour obtenir un volume V = 116 mL de la solution tampon (S) de pH = 10,8.

3.2. Ecrie l'équation-bilan de la réaction qui se produit lors du mélange.

3.3. Calculer les concentrations de toutes les espèces présentes dans cette solution. En déduire le pKe du couple associé à l'amine RNH_2.

Exercice15

1. Le pH d'une solution S_1 d'hydroxyde de sodium est 12. Combien de moles de soude a-t-on dissout dans un litre d'eau pour préparer cette solution ?

2. L'acide éthanoïque est un acide faible de constante d'acidité ka = $1{,}6.10^{-5}$.

La mesure du pH d'une solution S_2 de cet acide donne 3,4.

2.1. Ecrire l'équation de la réaction de cet acide avec l'eau. Calculer les concentrations des différentes espèces chimiques présentes dans la solution et en déduire la concentration initiale de la solution S_2.

2.2. Calculer le coefficient d'ionisation α de cet acide.

3. On mélange le volume $v_1 = 20cm^3$ de la solution S_1 avec un volume

$v_2 = 40cm^3$ de la solution S_2.

3.1. Quel est le pH de ce mélange ? Comment appelle-t-on ce genre de solution ? Quelle propriété remarquable possède ce mélange ?

3.2. On ajoute une masse m de soude au mélange précédent le pH dévient alors 4,9.Déterminer la valeur de cette masse si on néglige la variation du volume.

Exercice 16

Une solution d'acide nitrique ($[HNO_3]= 2.10^{-3}$ mol.L) a une valeur de pH = 2,7

1. Montrer que l'acide est fort.

2. Ecrire son équation d'ionisation dans l'eau.

Exercice 17

On dissout une masse m = 0,2 g d'hydroxyde de sodium dans un volume $V = 200\ cm^3$ d'eau pure.

1. Ecrire l'équation bilan de la dissolution.

2. Décrire 2 expériences pouvant mettre en évidence la nature des ions présents dans la solution.

3. Calculer le pH de la solution.

4. Quel volume d'eau faut-il ajouter à v = 20 mL de la solution précédente pour obtenir une solution à pH = 11 ?

Exercice 18

Une solution d'hydroxyde de potassium ([KOH] = $5{,}0.10^{-4}$ mol.L^{1}) a un pH = 10,7
1. Montrer qu'il s'agit d'une base forte.
2. Calculer la concentration de toutes les espèces chimiques présentes.

Exercice 19

IL faut verser un volume v_b = 12 mL d'une solution de soude de concentration c_b = $5{,}0.10^{-2}$ mol.L dans un volume v_a = 8 mL d'une solution d'acide chlorhydrique pour atteindre l'équivalence.
1. Ecrire l'équation bilan de la réaction.
2. Calculer la concentration c_a de la solution acide.
3. Calculer le volume v de chlorure d'hydrogène qu'il a fallu dissoudre dans un volume V = 100 mL d'eau pour obtenir cette solution.

Exercice 20

1. A $25^{\circ}C$, le pH d'une solution aqueuse S_0 d'ammoniac, de concentration C_0= 0,1mol/L est égal a 11,1.
1.1. Ecrire l'équation bilan de la réaction ayant lieu entre l'ammoniac et l'eau. Calculer les concentrations molaires volumiques des différentes espèces chimiques présentes dans la solution S_0 (à l'exception de l'eau).
Produit ionique de l'eau :ke =10^{-14}
1.2. En déduire la valeur de la constante d'acidité du couple NH_4^+/ NH_3. Vérifier que le pka de ce couple vaut 9,2.
2. A un litre de solution S_0 on ajoute du chlorure d'ammonium solide jusqu'à pH = 9,2 (on n'admet que le volume ne vari pas) .On obtient une solution S_1. Comparer les concentrations $[NH_4^+]$ *et* $[NH_3]$ dans S_1.
3. On ajoute une quantité de chlorure d'ammonium solide d'une part a un litre de S_0 (on obtient une solutionS_0'), d'autre part a un litre de S_1 (On obtient une solution S_1'), les variations de volumes sont négligeables).
3.1. Dans quel sens varie le pH de chacune des solutions S_0 et S_1 ?
3.2. Dans un cas, le pH varie de 0,1; dans l'autre cas, le pH varie de 1,3. Quel est le pH de SS_0' ? Quel est le pH de S_1', justifier brièvement les réponses.
4. On dispose des solutions suivantes :
A : acide chlorhydrique a 0,1mol/L.
B : solution aqueuse d'ammoniac a 0,1 mol/L
C : solution aqueuse d'hydroxyde d'ammonium a 0,1 mol/L.
D : solution aqueuse d'hydroxyde de sodium a 0,1 mol/L
On veut fabriquer V =30cm^3 de solution tampon de pH = 9,2 a partir de deux des solutions A, B, C, D. Choisir une méthode. Justifier.

Exercice 21

1. On dissout V = 1200 ml de chlorure d'hydrogène dans V = 250 ml d'eau. On obtient une solution d'acide chlorhydrique.
1.1. Ecrire l'équation bilan de la réaction qui se produit.
1.2. Déterminer la concentration molaire volumique C de cette solution.
2. Par dilution de cette solution, on prépare une solution A de concentration molaire volumique C_A =0,1 mol/L a l'aide de cette solution A, on dose une solution aqueuse de base faible B de concentration molaire volumique C_B dont l'acide conjugue sera note BH^+.
Pour cela on ajoute progressivement à un volume V_B = 20 ml de la solution basique, la solution A. Le volume V_A verse de la solution A est mesure à l'aide d'une burette graduée et l'on suit à l'aide d'un pH-mètre l'évolution du pH du mélange .On obtient les résultats

V_A(mL)	19	20	22,5	25,5
pH	3,4	3,0	2,6	2,5

2.1. Ecrire l'équation bilan de la réaction qui se produit.
2.2. Tracer la courbe représentative des variations du pH en fonction de V_A .
Echelle : abscisse 1cm↔1ml ; ordonnée : 1cm↔1 unité de pH.
2.3. Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence E.
2.4. Que ce passe t-il à l'équivalence acido-basique ? Déterminer les concentrations molaires volumiques C_B .
2.5. Calculer les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentent dans la solution initiale de base faible et déterminer le pka du couple acido-basique ?
Déterminer le pka du coupleBH^+/BH.
f) retrouver graphiquement la valeur du pKa. Justifier la réponse.
Donnée : volume molaire dans les conditions de l'expérience V_M =24L /mol

Exercice 22

Les deux courbes suivantes représentent le dosage d'un volume V_a = 40 mL de chacune des solutions (S_1) d'un acide A_1H et (S_2) d'un acide A_2H par la même solution (S_b) de soude de concentration C_b.
1. 1. Comparer les forces des deux acides.
1.2. Calculer les concentrations C_1, C_b et C_2.Déduire le pK_a de l'acide HA_2.
1.3. Pour le dosage de l'acide HA_1 quelle est la nature de la solution à l'équivalence ? Expliquer.
1.4. Pour le dosage de l'acide HA_2, quelle est la nature de la solution à l'équivalence ?

Calculer les concentrations des différentes espèces chimiques dans cette solution sachant que pH_E=8,4.
2. Calculer le pH de la solution obtenue pour V_b = 10 mL :
2.1. Au cours du dosage de HA_1.
2.2. Au cours du dosage de HA_2.
3. Expliquer pourquoi les deux courbes sont- elles confondues après l'équivalence.
4. Dans une deuxième expérience, on fait diluer la solution (S_2) au dixième ($V'_a=10.V_a$) et on refait le dosage d'un volume V_a =40 mL de la solution diluée (S'_2) avec la même solution de soude. Que deviendrait les coordonnées des points :
4.1. Point d'équivalence E ?
4.2. Point de demi-équivalence $E_{1/2}$?

Exercice23

On considère les solutions aqueuses suivantes à 25° C :

- **L'acide propanoïque de pK_{a1} = 4,9**
- **L'acide 2-chloro- propanoïque de pK_{a2} = 2,7**
- **L'acide 3-chloro- propanoïque de pK_{a3} = 4,1**
- **L'acide 2-2- dichloro- propanoïque de pK_{a4} = 1,5**
- **L'acide 2-3- dichloro- propanoïque de pK_{a5}= 2,2**

1. Ecrire les formules semi-développées des acides précédents ainsi que les formules et les noms de leurs bases conjuguées.

2. On considère une solution d'acide 2-chloro- propanoïque de pH = 2,15

2.1. Calculer la concentration molaire volumique de cet acide.

2.2. On verse progressivement dans un Becher contenant un volume

V_1 = 12mL de cet acide une solution S_b d'hydroxyde de sodium. L'équivalence est obtenue lorsqu'on a versé un volume V_{be} =20mL. Le pH à l'équivalence est pH = 8,7.

2.2.1. Ecrire l'équation de la réaction du dosage.

2.2.2. Calculer la concentration molaire volumique C_b et en déduire la masse d'hydroxyde de sodium qui a été dissoute dans l'eau pour obtenir 500mL de cette solution S_b. On donne : Na :23g/mol ; O : 16g/mol ; H :1g/mol .

3. On considère les indicateurs colorés suivants et leurs zones de virage :

Choisir parmi ces indicateurs celui qu'il faut utiliser dans ce dosage.

Indicateurs colorés	Zone de virage
Hélianthine	3,1 - 4,4
Bleu de bromothymol	6 - 7,6
Phénolphtaléine	8 - 9,8

3.1. Comparer la force relative de ces acides en les classant sur une échelle de pK_a croissante.

3.2. En utilisant le classement précédent, préciser l'influence du nombre d'atomes de chlore que contient la molécule et de leurs positions dans la molécule sur la force relative de ces acides.

Exercice24

Les questions 1 et 2 sont indépendantes l'une de l'autre.

On mesure le pH du mélange lors du dosage V_b = 10 cm^3 d'une solution aqueuse de base faible notée B par une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique C_a = 0,08 mol/L. La courbe pH = f(V_a) est donnée en annexe. V_a représente le volume d'acide chlorhydrique versé.

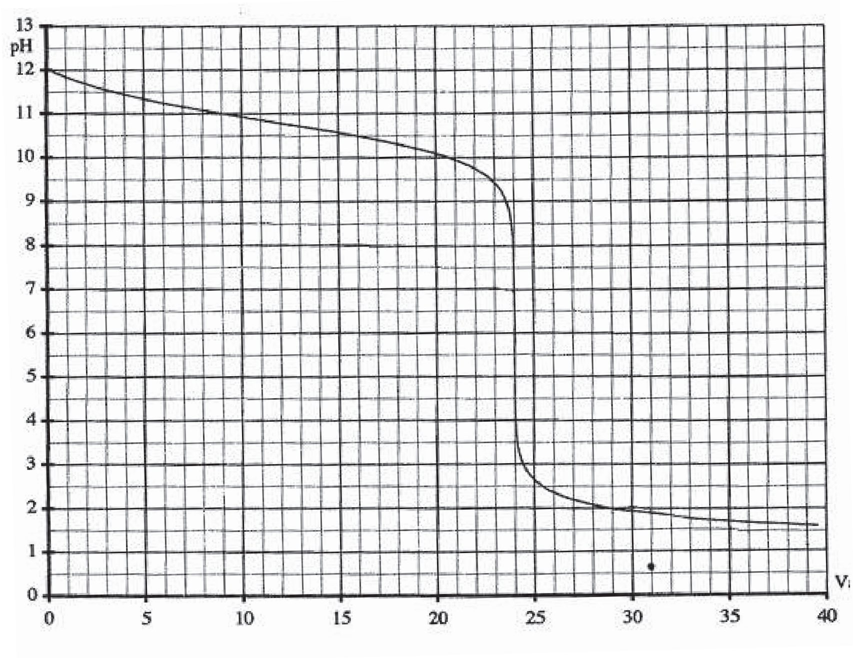
1. Etude de la courbe :

Déterminer sur la courbe le point d'équivalence acido-basique et ses coordonnées. Expliquer pourquoi le pH à l'équivalence n'est pas neutre.

2. Etude de la formule.

2.1. La densité de vapeur de la base pure est : d =1,55. Donner la formule brute et le nom de la base qui est une amine primaire constituée de carbone, d'hydrogène et d'azote.

2.2. Ecrire l'équation bilan de la réaction de dosage.



Exercice25

1. Un litre de solution aqueuse a été obtenu en dissolvant dans l'eau une certaine quantité d'acide propanoïque CH_3CH_2COOH.

1.1. Ecrire l'équation bilan de la réaction entre l'acide propanoïque et l'eau. Quelle est la base conjuguée de cet acide ?

1.2. La solution a un pH de valeur 3 sachant que le pK_a du couple acide-base est 4,9 calculer :

- Le rapport entre la concentration de la forme basique du couple et celle de la forme acide

- Les concentrations molaires volumiques des espèces présentes dans la solution

- La concentration molaire volumique de la solution d'acide propanoïque.

2. On ajoute à la solution une masse m d'hydroxyde de sodium pur .On négligera la variation de volume.

2.1. Ecrire l'équation bilan de la réaction.

2.2. Quelle doit être la valeur de m pour que le pH de cette solution soit égal à 4,9 ? Quelle propriété remarquable cette solution possède-t-elle ?

Exercice26

L'ion hydrogénocarbonate HCO_3^- est une base faible qui appartient au couple acide-base qu'on peut écrire sous la forme : H_2CO_3 /HCO_3^- . Pour définir la concentration de l'ion HCO_3^-, on effectue le dosage de 200mL de l'eau minérale contenant ces ions par une solution d'acide chlorhydrique de concentration $c = 5.10^{-2}$ mol.L^{-1}.

On obtient l'équivalence pour un volume d'acide V_a = 9,2mL. On donne pK_a=6,4.

1. Ecrire l'équation bilan de cette réaction.

2. Donner la concentration en ion HCO_3^- de cette eau minérale exprimée en mol.L^{-1} puis en mg.L^{-1} et la comparer avec la valeur marquée sur la bouteille de l'eau minérale (140mg.L^{-1}).

3. Le plasma est une solution tampon de pH = 7,4.

3.1. Comment expliquer-vous de la valeur du pK_a dans le plasma du sang ?

3.2. Calculer le rapport [HCO^-_3] /[H_2CO_3] pour le pH = 7,4.

3.3. Sachant que la concentration moyenne de H_2CO_3 dissout dans le sang est

$1,4.10^{-3}$ mol/L, calculer la concentration de l'ion précédent dans le sang.

Exercice27

On dispose d'une solution A d'acide éthanoïque de concentration molaire 0,1 mol/L et d'une solution B d'acide chlorhydrique de concentration molaire 0,01mol/L.

1. Le pH de la solution A est 2,9. Calculer le coefficient d'ionisation α de l'acide éthanoïque.

2. A un volume V de solution A, on ajoute un volume (2V) d'eau. Le pH de la solution obtenu est 3,1, calculer la nouvelle valeur α' de α.

3. On mélange maintenant 50cm^3 de la solution A et 100cm^3 de la solution B. Le pH du mélange vaut 2,15, calculer la nouvelle valeur α'' de α.

4. Comparer les valeurs α, α' et α''. Expliquer ces résultats en utilisant la loi des équilibres. On donne Ke = 10^{-14} à la température de 25°C.

Exercice28

1. On place dans un Becher 20 mL d'une solution S d'un acide R-COOH qu'on dose par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique C_b =0,1mol/L ; on obtient la courbe 1 de dosage

1.1. Faire un schéma du dispositif expérimental de dosage, on n'oubliera pas de préciser les noms du matériel et des solutions utilisées.

1.2. A quoi correspond l'équivalence acido-basique ? Préciser les coordonnées du point d'équivalence E et en déduire la concentration C_a de la solution acide. Calculer les concentrations des différentes espèces chimiques à l'équivalence.

2. On suppose que la solution acide a été préparée en faisant dissoudre une masse de 3,7g de l'acide R-COOH dans un volume V_e = 0,5L d'eau.

2.1. En déduire la formule chimique et le nom de l'acide ainsi que le nom de sa base conjuguée.

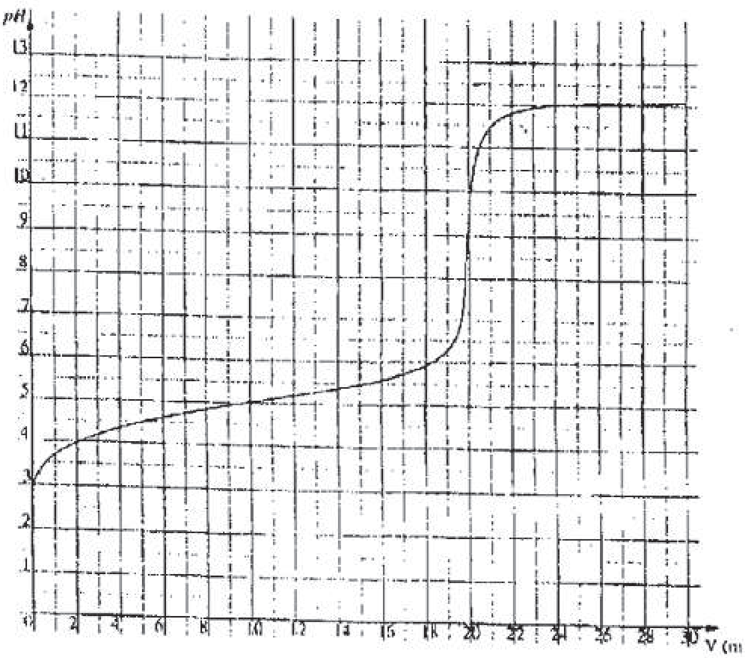
2.2. Déduire de la courbe la valeur du pK_a.

2.3. Définir le coefficient d'ionisation α et trouver son expression en fonction de K_a et du pH.

3. Pour obtenir une solution S' dont le pH = pK_a, on dissout une masse du sel RCOONa dans un certain volume de la solution S .

3.1. Donner le nom et les propriétés de la solution S'.

3.2. Citer une méthode simple de préparation de ce type de solutions.



Exercice29

1. Définir l'acide fort et donner des exemples.

2. On prépare une solution aqueuse S d'acide chlorhydrique par dissolution d'un volume V de chlorure d'hydrogène dans 0,5L d'eau pure. La solution S obtenue a un pH=2.

2.1. Ecrire l'équation de dissolution du chlorure d'hydrogène dans l'eau.

2.2. Faire le bilan qualitatif et quantitatif des espèces chimiques présentes dans la solution S.

2.3. Calculer le volume V. On donne : V_m = 24L/mol.

3. On prend 10mL de la solution précédente S et on lui ajoute 90mL d'eau pure ; on obtient ainsi une nouvelle solution S'.

3.1. Quel nom donne-t-on à cette opération ? Quel est son but ? Préciser le matériel utilisé dans cette opération.

3.2. Calculer la nouvelle concentration C' de la solution S' et en déduire la valeur de son pH.

Exercice30

1 .Soit une solution A de chlorure d'hydrogène de molarité C =10^{-3} mol/L et de pH =3.

Soit une solution B d'acide éthanoïque de molarité C'=10^{-2}mol/L et de pH=3,4.

Quelles sont les espèces chimiques présentes dans les deux solutions ? Calculer leurs molarités. Que peut-on dire de la réaction sur l'eau :

-du chlorure d'hydrogène de molarité C

-de l'acide éthanoïque de molarité C'

2. On prend 10cm^{3}de la solution A précédente à la quelle on ajoute 990cm^{3}d'eau ; la valeur du pH est alors 5. On prend 10cm^{3}de la solution B précédente à la quelle on ajoute 990cm^{3}d'eau ; la valeur du pH est alors 4,4. Expliquer qualitativement les changements de pH.

Exercice31

Le pH d'une solution d'éthanoate de sodium de molarité 0,1 mol/L est de 8,9.

1. Faire le bilan qualitatif et quantitatif des espèces chimiques présentes dans la solution.

2. Déterminer à l'aide des molarités ci-dessus une valeur approchée de la constante d'acidité et du pK_a du couple acide éthanoïque/ion éthanoate.

Exercice32

On veut calculer à partir de mesures de pH, la valeur de la constante d'acidité K_a, associée au couple acide méthanoïque / ion méthanoate ($HCOOH/HCOO^-$).

1. Une solution d'acide méthanoïque de concentration 0,1mol/L a un pH=2,4.

Calculer les molarités des espèces chimiques présentes dans la solution et en déduire les valeurs de la constante d'acidité et du pK_a du couple.

2. Un mélange de 50 cm^3 de la solution d'acide méthanoïque de concentration 0,1mol/L et de 50cm^3 d'une solution de méthanoate de sodium de concentration 0,2 mol/L a un pH=4,1. Calculer les concentrations des différentes espèces chimiques présentes et en déduire les valeurs de la constante d'acidité et du pK_a.

Exercice33

On considère une solution S d'une amine notée B.

1 .Ecrire l'équation bilan de la réaction de B avec l'eau.

2. On dose un volume V=10mL de la solution S à l'aide d'une solution S' d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique $C_a = 5.10^{-2} mol/L$.

2.1. Ecrire l'équation de la réaction de ce dosage.

2.2. L'équivalence acido-basique est obtenue lorsqu'on verse $V_a = 20mL$ de la solution S' d'acide chlorhydrique. Calculer la concentration volumique molaire de la solution S.

2.3. Sachant que le pH de la solution S vaut 11,8, déterminer le pKa du couple acide base.

3. Pour obtenir 1L de la solution S' d'acide chlorhydrique, on dilue un volume V_0 d'une solution commerciale d'acide chlorhydrique de masse volumique 1190g/L à 30% en masse d'acide chlorhydrique. Calculer V_0.

Exercice34

Une solution S est obtenue en faisant barboter un volume V de chlorure d'hydrogène gazeux HCl dans deux litres d'eau pure. Le pH de la solution ainsi obtenue est 1,7.

La température est maintenue à 25°C et les mélanges se font sans changement de volume total.

1. Déterminer les concentrations en ions H_3O^+ et OH^- dans la solution. On notera $C=[H_3O^+]$.

2. Déterminer le volume V de chlorure d'hydrogène gazeux sachant que le volume molaire dans les conditions de l'expérience est $V_m=24L/mol$.

3. A $10mL$ de la solution S on ajoute $40mL$ d'eau pure. Le pH de cette nouvelle solution S_1 est $pH_1=2,4$. Indiquer s'il y a augmentation, diminution ou conservation du nombre total d'ions H_3O^+ en solution.

4. L'éthylamine est une base faible appartenant au couple $C_2H_5NH_3^+/C_2H_5NH_2$.

4.1. Donner la définition d'une base faible.

4.2. Ecrire l'équation de la réaction de l'éthylamine avec l'eau.

5. On dose un volume $V_2=20mL$ d'une solution aqueuse d'éthylamine de concentration $C_2=3.10^{-2}mol/L$ à l'aide d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration $C_1=2.10^{-2}mol/L$. Ecrire l'équation de la réaction du dosage et calculer le volume d'acide à verser pour obtenir l'équivalence.

Exercice35

A la température de 25°C, on prépare 1L d'une solution S_1 en dissolvant 1,55g de méthylamine CH_3-NH_2 dans l'eau pure. La mesure du pH de cette solution donne la valeur pH=11,7.

1. Calculer la concentration C_B de cette solution S_1.

2. Montrer est-ce que la méthylamine est une base faible ou une base forte ?

3. Ecrire l'équation de la réaction de la méthylamine avec l'eau.

4. Calculer les concentrations des espèces chimiques présentes dans la solution.

5. Calculer le pK_a du couple acide/base.

6. On prépare $200cm^3$ d'une solution S_2 en dissolvant dans l'eau pure une quantité de chlorure d'hydrogène de volume V. On verse progressivement la solution S_2 sur $50cm^3$ de la solution S_1.

Le tableau donne les variations du pH en fonction du rapport B/BH^+.

pH	10	10,7	11	11,55
$\frac{[CH_3-NH_2]}{[CH_3-NH_3^+]}$	0,2	1	2	7,1

6.1. Ecrire l'équation bilan de la réaction qui se produit.
6.2. Quel est le pKa du couple $CH_3NH_3^+/CH_3NH_2$?

6.3. Comparer la force relative de la méthylamine avec l'ammoniac sachant que pKa (NH_4^+/NH_3)=9,2.

6.4. Quand on verse $25cm^3$ de la solution S_2 sur $50cm^3$ de la solution S_1, le pH prend la valeur pH=10,7. Préciser la valeur V du volume de chlorure d'hydrogène dissout pour préparer la solution S_2.

On donne: V_M=24l/mol C:12g/mol ; N :14g/mol ; H :1g /mol.

Exercice36

Données:

- ✓ **Le vert de malachite est un indicateur coloré dont la zone de virage est délimitée par les valeurs de pH : 11,5 et 13,2. Sa teinte acide est verte ; sa teinte basique est incolore.**
- ✓ **Volume molaire des gaz V_m= 24 L/mol. La température des solutions est 25°C.**

1. On dissout un volume V_0 d'ammoniac gazeux NH_3 dans de l'eau pure de façon à obtenir une solution S_1 de volume V_1=5L et de concentration molaire $C_1=6,3\ 10^{-4}$ mol/L. On mesure le pH de la solution : pH = 10.

1.1. La solution S_1 est-elle acide, neutre ou basique ? Justifier.

1.2. Quelle est la couleur de la solution si on ajoutait quelques gouttes de vert de malachite?

1.3. Exprimer littéralement la quantité de matière initiale n_0 d'ammoniac et le volume V_0 en fonction de C_1 et V_1. Les calculer.

1.4. Ecrire l'équation de la réaction entre l'ammoniac et l'eau pure.

1.5. Calculer les concentrations molaires effectives de toutes les espèces chimiques (autres que l'eau) dans la solution S_1.

1.6. Exprimer littéralement puis calculer la valeur de la constante d'acidité Ka du couple ion ammonium/ammoniac.

2. On verse sur un volume V_1=20mL de la solution S_1 un volume V_2=20mL d'une solution S_2 d'acide chlorhydrique de concentration $C_2=2.10^{-4}$ mol/L. Le mélange obtenu a pour pH=9,6.

2.1 .Ecrire l'équation de la réaction entre les deux solutions S_1 et S_2.

2.2. On ajoute au mélange précédent un volume V'_2 de la solution S_2 d'acide chlorhydrique précédente et on obtient un nouveau mélange dont le pH=pKa. Calculer la valeur du volume V'_2 permettant d'obtenir cette solution tampon.

Exercice 37

On considère l'acide éthanoïque (pka = 4,75) et l'acide cyanhydrique (pka = 9,31) de forme HCN.
1. Ecrire les équations de la mise en solution aqueuse de ses deux acides.
2. Exprimer les constantes d'acidité Ka.
3. Quel est le plus fort de ces deux acides.
4.Quelle est la plus forte des deux bases conjuguées correspondant aux deux acides ?

Exercice 38

On dissout 0,1 mol d'acide méthanoïque *HCOOH* dans de l'eau pure de façon à obtenir 1 litre de solution. Toutes les mesures sont réalisées à $25^{\circ}C$. Le pH de cette solution est 2,4.
1. Montrer que l'acide méthanoïque est un acide faible et écrire l'équation de la réaction qui a lieu lors de la préparation de la solution.
2. Calculer les concentrations des espèces chimiques présentes dans la solution. Déduire le pKa du couple $HCOOH / HCOO^-$.

3. Le pKa du couple $HCOOH/HCOO^-$ est 4,8.En adoptant comme critère les valeurs des pKa, comparer les forces des acides méthanoïque (HCOOH) et éthanoïque (CH_3 -*COOH)*

Exercice 39

A 25° *C* , une solution aqueuse d'acide benzoïque $C_6H_5CO_2H$ de concentration molaire volumique égale à 1 mol/L, a le même pH qu'une solution d'acide nitrique HNO_3 de concentration molaire égale à 8.10^{-3} *mol /L* . Ce pH est égal à 2,1.

1. Montrer que l'acide nitrique est un acide fort.

2. Montrer que l'acide benzoïque est un acide faible.

3. Calculer le coefficient d'ionisation de l'acide benzoïque dans cette solution.

4. Ecrire l'équation bilan de l'action de l'eau sur l'acide benzoïque.

Exercice40

1 .On prépare une solution d'acide méthanoïque HCO_2H de concentration C=0,01mol.L-1. La mesure de pH de cette solution donne pH=2,9.

1.1. Quelle est la concentration molaire des ions H_3O^+ dans cette solution ?

1.2. L'acide méthanoïque est il fort ou faible ? Justifier la réponse.

1.3. Ecrire l'équation de dissociation de l'acide méthanoïque dans l'eau.

1.4. Calculer le pKa.

2. Au volume $V_A=15cm^3$ d'une solution de chlorure d'hydrogène HC*l* « acide fort » de concentration molaire $Ca=10^{-2}mol.L^{-1}$ additionnée de quelques gouttes de bleu de Bromothymol (BBT), on ajoute progressivement un volume V_b d'une solution de soude (NaOH) de concentration $C_b=2.10^{-2}mol.L^{-1}$.

2.1. Ecrire l'équation de la réaction qui a lieu entre les deux solutions.

2.2. Indiquer comment connaitre expérimentalement que l'équivalence est atteinte? Quelle est la valeur du pH à cette équivalence acido-basique.

2.3. Déterminer le volume V_b de la solution de soude ajouté pour atteindre l'équivalence.

3. Pour préparer une solution tampon (S) de pH = 3,8, on mélange un volume V_A de la solution d'acide méthanoïque avec un volume V_B de la solution de soude.

3.1. Calculer les volumes V_A et V_B nécessaires pour obtenir un volume

V = 20mL de la solution tampon (S) de pH = 3,8.

3.2. Ecrie l'équation-bilan de la réaction qui se produit lors du mélange.

Exercice41

1.On verse progressivement un volume V_b d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium dans 50cm^3 d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique 0,01mol/L. Pour chaque valeur de V_b on mesure le pH :

$V_b$cm^3	0	4	8	12	16	20	22
pH	2,0	2,1	2,25	2,4	2,6	2,85	3 ;1
$V_b$cm^3	24	25	26	28	30	32	36
pH	3,6	7,0	10,4	10,9	11,1	11,3	11,4

1.1. Tracer la courbe pH = f (V_b)

1.2. Déterminer la position du point d'équivalence sur le graphique. Quelle est la valeur du pH à l'équivalence ? Interpréter le résultat. Calculer la molarité de la solution d'hydroxyde de sodium.

2. On utilise en suite cette solution aqueuse d'hydroxyde de sodium pour doser 10cm^{3}d'une solution aqueuse d'un monoacide carboxylique :

$V_b$cm^3	0	2	5	10	15	20	25	30	35
pH	2,4	2,6	2,8	3,2	3,4	3,6	3,75	3,9	4,1
$V_b$cm^3	40	45	47	49	50	51	53	55	65
pH	4,4	4,7	5,0	5,5	8,0	10,5	11,0	11,2	11,6

2.1. Tracer la courbe pH = f (V_b)

2.2. Déterminer la position du point d'équivalence sur le graphique. Pourquoi la valeur du pH à l'équivalence n'est-elle pas la même que sur la première courbe. Calculer la molarité de la solution d'acide.

2.3. Trouver graphiquement, en justifiant la méthode utilisée, la valeur de la constante pK_a de l'acide dosé. Identifier cet acide. On donne :

- acide méthanoïque (K_a = 1,8.10^{-4})

-acide éthanoïque (K_a = 1,8.10^{-5})

-acide propanoïque (K_a = 1,4.10^{-5})

Exercice42

1. Une solution d'acide méthanoïque (S_1) de concentration C_1= 4.10^{-2} mol/L a un pH = 2,6.

1.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre l'acide méthanoïque et l'eau.

1.2. Calculer les concentrations des différentes espèces chimiques présentes dans la solution et calculer le pK_a du couple $HCOOH/HCOO^-$.

2. Afin de vérifier la valeur du pK_a calculé en 1-a), on dose un volume

$V_a = 30cm^3$ de la solution S_1 par une solution aqueuse de soude. On obtient le graphe reproduit au début de la $2^{ém}$ colonne qui donne l'évolution du pH en fonction du volume V_B de solution d'hydroxyde de sodium.

2.1. Ecrire l'équation-bilan du dosage.

2.2. Quelles sont les coordonnées du point d'équivalence ?

2.3. A partir de la courbe, donner le pK_a du couple $HCOOH/COO^-$?

3. Pour obtenir $90cm^3$ d'une solution tampon de pH=3,8, on mélange un volume V_1 deS_1 avec un volume V_2 de S_2 (solution aqueuse de méthanoate de sodium de concentration $C_2 = 2.10^{-2}$ mol/L).

3.1. Définir la solution tampon.

3.2. Trouver les valeurs de V_1 et de V_2 (on néglige les concentrations de H_3O^+ et OH^- devant la concentration de Na^+.)

Exercice43

On étudie le dosage d'une solution aqueuse d'acide éthanoïque par une solution decimolaire d'hydroxyde de sodium. On verse progressivement la solution de soude dans un volume $V_a = 10cm^3$ de solution d'acide éthanoïque. Un pH mètre rend compte de l'évolution du pH au cour de l'opération :

$V_b(cm^3)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
pH	2,9	3,5	3,9	4,3	4,5	4,7	4,9	5,0	5,1
$V_b(cm^3)$	9	9,5	10	10,5	11	12	13	14	15
pH	5,4	6,0	8,8	11,0	11,7	12,2	12,5	12,6	12,7

1. Tracer la courbe de la variation du pH en fonction de V_b (échelles : 1cm par unité de pH en ordonnées ; 1cm par cm^3 en abscisses)

2. Ecrire l'équation de la réaction.

3. A l'aide de la courbe, déterminer :

- **le volume $V_b^{éq}$ de soude versé à l'équivalence**
- **le pK_a du couple CH_3COOH /CH_3COO^-**

4. Calculer la concentration molaire de la solution acide.

5. Calculer la concentration molaire des espèces chimiques présentes à la demi-équivalence.

Exercice44

On donne H =1g/mol ; N = 14g/mol ; Cl = 35, 5g/mol

1. On veut préparer deux solutions aqueuses, l'une de chlorure d'ammonium NH_4Cl, l'autre d'ammoniac NH_3 de même concentrations molaires C=0,1mol/L. Ces deux solutions sont notées respectivement A et B.

1.1. Quelle est la masse de chlorure d'ammonium qu'il faut dissoudre dans un litre d'eau pour préparer un litre de la solution A?
1.2. Pour préparer la solution B, on dispose d'une bouteille d'une solution commerciale. Sur l'étiquette on lit :
Masse volumique 0,890g/cm^3 ;
Teneur en ammoniac 34% en masse
Quel volume V_1 de solution commerciale doit-on prélever pour obtenir un litre d'une solution mère à 1mol/L ?
1.3.Quel volume V_2 de cette solution mère faut-il prélever pour obtenir V=200ml de la solution B
Parmi le matériel suivant, quels instruments faut-il utiliser pour préparer la solution B à partir de la solution mère ?
Béchers gradués de 10, 200 et 500mL ;
Eprouvettes graduées 250mL ;
Fioles jaugées de100, 200 et 1L ;
Pipettes jaugées de 5, 10 et 20mL ; Burette de 25mL
Décrire le processus opératoire. Quelles précautions particulières faut-il prendre au cours de ces opérations ?
2. On veut utiliser la solution B quelques jours plus tard ; on vérifie sa concentration molaire .Pour cela, on utilise un dosage acido-basique colorimétrique.
On dispose d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration 0,1mol/L et des indicateurs colorés suivants :

Indicateurs	Couleurs	pH limite de la z. virage
Bleu de thymol	Rouge jaune	1,2 2,8
Rouge de thymol	Rouge jaune	4,2 6,2
Bleu de bromothymol	Jaune bleu	6,0 7,6
Phénolphtaléine	Incolore rose	8,0 9,9
Rouge de crésol	Jaune rouge	7,2 8.8

L'équivalence est obtenue lorsqu'on a versé dans V_B = 20mL de la solution B d'ammoniac, un volume V_A =17,2mL de la solution acide.
En déduire la nouvelle concentration de la solution B.
Lorsque 8,6mL de solution acide sont versés, le pH du mélange a pour valeur : pH= 9,3. Que peut-on en déduire ? Justifier la réponse.

Exercice45

Soit A une solution aqueuse de chlorure d'ammonium de concentration molaire C_A=0,1mol/L, soit B une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration C_B

1. Quelle masse de cristaux de chlorure d'ammonium, non hydraté, NH_4Cl, faut il dissoudre pour obtenir 200cm^3 de solution A ?

2. On verse dans un bécher un volume V_A=20cm^3 de solution A.

2.1. Décrire le mode opératoire permettant de mesurer ces 20cm^3 ?

2.2. La mesure du pH de la solution A donne 5,1. Justifier que le pH soit acide

2.3. Quelle est la quantité d'ions ammonium présent dans le bécher ?

3. On verse ensuite dans ce même bécher, un volume V_B de la solution B? Ecrire l'équation bilan de la réaction chimique qui se produit lors du mélange ? Quels sont les deux couples acido-basiques qui interviennent dans cette réaction ? On donne : pKa du couple NH_4^+ /NH_3 = 9,2.

Exercice46

1. Une solution aqueuse d'une amine primaire, qu'on notera RNH_2 (où R est un radical alkyle) a pour volume V_B = 20mL.

On dose cette solution par une solution d'acide chlorhydrique de concentration C_A =0,2mol/L. On prélève pH de la solution en fonction du volume V_A d'acide versé

1.1. A partir de la courbe, justifier le fait que l'amine est une base faible.

1.2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction.

1.3. Calculer la concentration C_B de la solution d'amine.

2. Pour préparer la solution d'amine, on a dissout une masse m =1,62g d'amine dans l'eau et porté le volume de la solution à V = 200mL.

2.1. En utilisant le résultat de la question 1.c, calculer la masse molaire de l'amine:(C 12g/mol H:1g/mol N : 14g/mol)

2.2. En déduire la formule semi-développée et le nom de l'amine

2.3. Quel est le couple acide-base correspondant.

3. On étudie maintenant la composition de la solution correspondant au point I de la courbe

3.1. Comment appelle-t-on cette solution ?

3.2. Quelle est la constante d'acidité du couple concerné ?

3.3. Calculer les quantités de matière d'acide et de base conjugués contenues dans ce mélange.

Exercice47

On se propose de vérifier la masse d'acide ascorbique (vitamine C) contenue dans un comprimé d'un produit de commerce ″VITAMINE C 500 ″.L'acide ascorbique est un monoacide faible de formule $C_6H_7O_6H$ c'est –à –dire de forme AH.

On écrase soigneusement le comprimé puis, avec la poudre obtenue, on prépare 100cm^3 d'une solution S d'acide ascorbique.

1. On se propose de doser la solution obtenue par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique 0,02mol/L. Pour cela on prélève 10 cm^3 de la solution S introduit dans un bécher B et on ajoute de l'eau distillée de façon à obtenir l'immersion de l'électrode combinée du pH-mètre.

Préparation :

1.1. Faire un schéma annoté du dispositif expérimental mis en œuvre pour le dosage (matériel, solutions).

1.2. La solution d'hydroxyde de sodium de concentration 0,02 mol/L a été préparée juste avant son utilisation en diluant avec précision une solution de concentration 0,1mol/L. Indiquer le mode opératoire sachant que l'on peut disposer du matériel suivant :

- pipettes jaugées 10 et 20 cm^3

- fioles jaugées 100, 250,500 cm^3.

2. Dosage pH-métrique :

On suit l'évolution du pH lorsqu'on verse progressivement la solution d'hydroxyde de sodium de concentration 0,02mol/L dans le bécher B. On obtient le tableau de résultats :

$V_a$cm^3	0	2	4	6	8	10	11	12
pH	2,9	3,5	3,8	4,1	4,3	4,6	4,75	5
$V_a$cm^3	13	13,5	14	14,5	15	16	18	20
pH	5,25	5,5	6	10,3	10,8	11,1	11,4	11,6

2.1. Ecrire l'équation de la réaction ayant lieu lors du dosage

2.2. Tracer le graphe pH = f(V_a). Prendre 1cm^3 pour 1 mL et 1 cm^3 pour 1 unité pH Quant dit - on qu'il y a équivalence lors d'un dosage acido-basique ?

2.3. Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence(V_E, pH_E). Dire pourquoi pH_E est supérieur à 7 Déterminer graphiquement la constante d'acidité du couple AH/A^- (acide ascorbique /ion ascorbate).

2.4. A partir de V_E déterminer la quantité de matière et la masse d'acide ascorbique contenue dans un comprimé.

3. Dosage calorimétrique

Quand on ne dispose pas d'un pH-mètre, On peut réaliser un dosage de la solution S à l'aide d'un indicateur coloré.

Quel indicateur coloré, à choisir dans la liste suivante ; pourrait-on utiliser ? Justifier ce choix. Données :

Indicateur	Zone de virage
Hélianthine	3,1 – 4,4
Rouge de crésol	7,0 – 8,8
Phénolphtaléine	8,2 – 9,8

C : 12g/mol O:16g/mol H:1g/mol

Exercice48

Pour déboucher les canalisations, on utilise des produits domestiques qui sont des solutions concentrées d'hydroxyde de sodium (ou soude).

Sur l'étiquette de l'un de ces produits, on lit :

- **densité : d = 1,2 (soit une masse volumique p = 1,2 g.cm^3)**
- **Contient 20% en masse de soude.**

1. Montrer que la concentration molaire C de la solution commerciale est voisine de 6 mol.L^{-1}

2. Quel volume de solution commerciale faut-il prélever pour obtenir 1 L de solution diluée de concentration $C_1 = 3.10^{-2}$ mol.L'^{1} ?

3. Les solutions de soude sont des solutions de base forte.

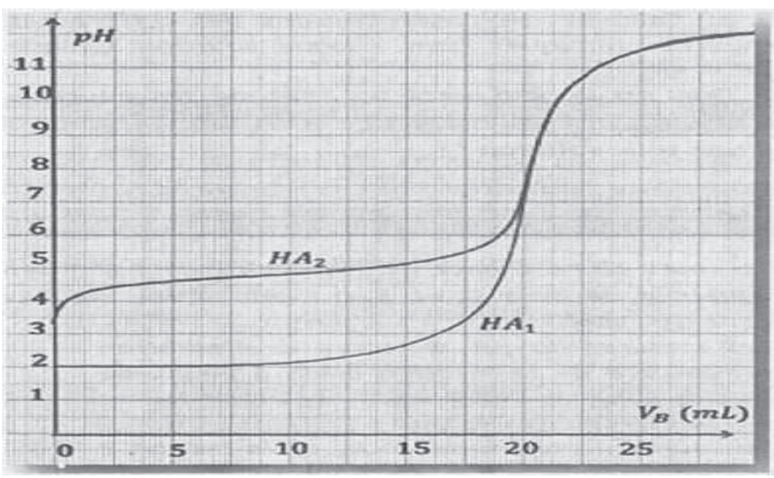
3.1. Rappeler la définition d'une base selon Brônsted.

3.2. Calculer le pH de la solution diluée.

4. Pour vérifier sa concentration, on dose 5 mL de la solution diluée par une solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_A = 10^{-2}$ mol.L^{-1}.

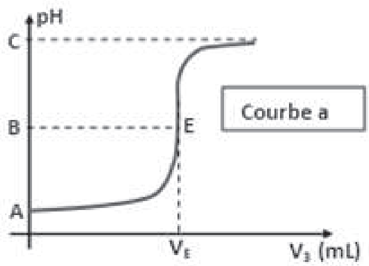
4.1.Écrire l'équation-bilan de la réaction.

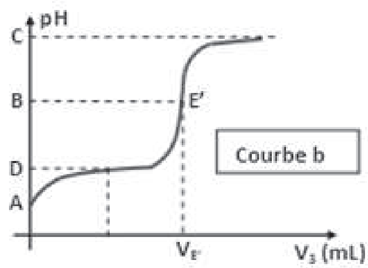
4.2. Pour obtenir l'équivalence, on doit verser 15 mL de la solution d'acide chlorhydrique. Calculer la concentration de la solution diluée. Retrouve-t-on la valeur souhaitée ?



Exercice 49

On dispose de trois solutions aqueuses de même concentration molaire C.
(S_1) : Une solution d'acide chlorhydrique HCl (acide fort).
(S_2) : Une solution d'acide éthanoïque CH_3COOH (acide faible).
(S_3) : Une solution d'hydroxyde de sodium NaOH (base forte).
I° La mesure du pH des trois solutions a donné les valeurs suivantes : 3,4 ; 12 et 2,1.
1. Accorder avec justification la valeur du pH correspondant à chacune des trois solutions.
2. Déterminer la concentration molaire C commune à ces trois solutions.
3. On admet que l'acide éthanoïque est faiblement ionisé dans (S_2).
Déterminer la valeur du pKa du couple acide-base correspondant à cet acide faible.
II° On réalise séparément les dosages pH métriques par la solution (S_3) d'un volume V_1= 10 cm^3de la Solution (S_1) et d'un volume V_2= V_1de la solution (S_2). On obtient les courbes représentées sur les figures ci-dessous.





1.1. Ecrire les équations bilans des deux réactions de dosage et montrer qu'elles sont pratiquement totales.
1.2. Donner les caractères ces deux réactions.
2. D'après l'allure des courbes, indiquer en le justifiant, celle qui correspond au dosage de (S1) et celle qui correspond au dosage de (S2).
3. Définir l'équivalence acido-basique et déterminer les volumes VE et VE'
4. Reproduire et compléter le tableau ci-dessous en précisant les valeurs de pH.

Courbe a	pH_A = ………	pH_B = ………	pH_C = ………	
Courbe b	pH_A = ………	pH_B = ………	pH_C = ………	pH_D = ………

5.1. Qu'appelle-t-on la solution obtenue au point D et donner ses propriétés.
5.2. Justifier le caractère acide, basique ou neutre du mélange obtenu au point E'.

6. On dispose de trois indicateurs colorés de pH dont les zones de virage sont consignées dans le tableau ci-dessous et on désire effectuer ces dosages en présence de l'un d'eux.

Indicateur	Hélianthine	Bleu de bromothymol	Phénolphtaléine
Zone de virage	3,1 ………………4,4	6,2 ………………7,6	8,0 ………………10,0

6.1. Qu'appelle-t-on indicateur coloré ?

6.2. Le quel des trois indicateurs est le mieux approprié pour le dosage de chacun des deux acides étudiés.

Exercice 50

On considère deux monoacide A_1H et A_2H dont l'un est fort et l'autre est faible. Avec ces deux acides, on prépare à 25°C, deux solutions aqueuses acides (S_1) et (S_2) dont les caractéristiques sont consignées dans le tableau suivant :

Solution aqueuse	Concentration	pH
(S_1) de l'acide A_1H	C_1=0,05mol/L	2,5
(S_2) de l'acide A_2H	C_2=0,05mol/L	1,3

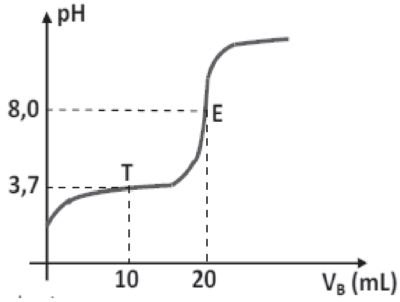
1.1. En se référant au tableau, montrer que l'acide A_1H est faible et que l'acide A_2H est fort.

1.2. Ecrire l'équation de la réaction de dissociation ionique de chacun des deux acides dans l'eau.

2. On prélève, dans un bécher, un volume V_1 = 20 mL de la solution (S_1) et on lui ajoute 10 mL d'eau.

On obtient, après agitation, une solution (S) de concentration molaire C_A l'aide d'une burette graduée, on ajoute progressivement à la solution (S) une solution aqueuse de soude NaOH de concentration molaire C_B. On agite, puis à chaque fois, on mesure le pH correspondant.

La courbe de la figure représente la variation du pH du mélange en fonction du volume V_B de la base ajoutée.



2.1. Montrer que C = 0,033 mol/L

2.2. A partir de la courbe de la figure 1, déduire :

- Les coordonnées du point d'équivalence E.

- La valeur de la concentration molaire C_B.

2.3. En analysant les entités chimiques présentes dans la solution à l'équivalence, justifier le caractère acide ou basique de cette solution.

2.4. Montrer qu'à la demi-équivalence, le pH du mélange est égal au pKa du couple A_1H/A_1^--.Déterminer sa valeur à partir du graphe

Corrigé de l'exercice 1

1. KCl $\rightarrow$ K^+ + Cl^-

$[K^+] = [Cl^-] = C_1 = 0,05mol/L$ et $[H_3O^+]=[OH^-]=10^{-7}mol/L$

2. NaCl $\rightarrow$ Na^+ + Cl^-

$[Na^+] = [Cl^-] = C_2 = 0,04mol/L$ et $[H_3O^+]=[OH^-]=10^{-7}mol/L$

3. * Les ions potassium proviennent de S_1 seulement et leur nombre est $n_1 = C_1V_1$. Le volume total du mélange étant $V=V_1+V_2$

on a $[K^+]=C_1V_1/V \Rightarrow [K^+]=0,05x40/100 = 0,02mol/L$

***Les ions sodium proviennent de S_2 seulement et leur nombre est $n_2=C_2V_2$,**

On a $[Na^+]= C_2V_2/V = 0,04x60/100=0,024mol/L$

***Les ions chlorure proviennent de S_1et de S_2 leur nombre est $n_3=C_1V_1+C_2V_2$On a $[Cl^-]= (C_1V_1+C_2V_2)/V$**

Soit $[Cl^-]=(0,05x40 + 0,04x60)/100=0,044mol/L$

Corrigé de l'exercice 2

***Espèces chimiques en solutions* :**

H_2O , H_3O^+ , OH^- , Cl^- , Na^+

***Produit ionique de l'eau* :**

$[H_3O^+] = 6,31.10^{-4}$ mol/L $[OH^-]=1,58.10^{-11}$ mol/L

Volume de la solution $V=V_a + V_b=V = 500ml$ Les ions Cl^- et Na^+ sons des ions spectateurs leurs nombre mis en solution reste inchangé

$[Cl^-]=n_{Cl^-}/V=C_aV_a/V=0,032mol/L$ et $[Na^+]= n_{Na+}/ V=C_bV_b/V=0,6Cb$

***Électroneutralité* $[H_3O^+] + [Na^+] = [OH^-]+[Cl^-]$**

soit $6,31.10^{-4}+ 0,6C_b= 0,032$ soit $C_b \approx 5,23.10^{-2}$ mol/L

Corrigé de l'exercice 3

Espèces chimiques en solutions :

H_2O , H_3O^+ , OH^- , Cl^- , Na^+

Produit ionique de l'eau

$[H_3O^+] = 10^{-4}$ mol/L $[OH^-]=1.10^{-10}$ mol/L

volume de la solution $V = V_a + V_b = V = 1L$ Les ions Cl^- et Na^+ sont des ions spectateurs leurs nombre mis en solution reste inchangé

$[Cl^-]=n_{Cl^-}/V=C_aV_a/V$ et $[Na^+]=n_{Na^+}/V= C_bV_b/V$

Électroneutralité

$[H_3O^+] + [Na^+] = [OH^-] +[Cl^-]$ comme $[OH^-] << [H_3O^+]$

on a $10^{-4} +0.02 V_b= 0,03V_a$ soit $3V_a - 2V_b = 0,01$

d'où $V_a=0,402L$ et $V_b=0,598L$.

Corrigé de l'exercice 4

***Espèces chimiques en solutions* :**

H_2O, H_3O^+ , OH^- , Cl^- , Na^+

Produit ionique de l'eau

$[H_3O^+] = 10^{-2}$ mol/L $[OH^-] = 1.10^{-12}$ mol/L

Volume de la solution $V = V_a + V_b = V$

Les ions Cl^- et Na^+ sont des ions spectateurs leurs nombre mis en solution reste inchangé

$[Cl^-] = n_{Cl-} / V = (C_aV_a + C_bV_b)/V$ $[Na^+] = n_{Na}/V = C_bV_b/V$

***Électroneutralité*:**

$[H_3O^+] + [Na^+] = [OH^-] + [Cl^-]$

Comme $[OH^-] << [H_3O^+]$ et en multipliant par V on a

$V.10^{-2} + C_bV_b = 0,610^{-3} + C_bV_b$ soit $V_b = 0,05L$

C_b <u>n'intervient pas car les ions sodium et chlorure de la solution B sont indifférents leur nbre n'a pas d'influence sur le pH . Seul le volume V_b (neutre) intervient.</u>

Corrigé de l'exercice 5

***Espèces chimiques en solutions* :**

H_2O, H_3O^+ , OH^- , Cl^- , K^+ , Na^+

***Produit ionique de l'eau* :**

$[H_3O^+] = 10^{-3}$ mol/L $[OH^-] = 10^{-11}$ mol/L

Volume de la solution $V = V_a + V_c + V_b = V = 1L$

Les ions K^+ ,Cl^- et Na^+ sons des ions spectateurs leurs nombre mis en solution reste inchangé :

$[K^+] = C_c.V_c/V$ A.N : $[K^+] = 0,012$mol/L

$[Cl^-] = (C_a.V_a + C_c.V_c)/V$ A.N $[Cl^-] = 0,01 + 0,012 = 0,022$mol/L

$[Na^+] = C_b.V_b/V = C_b/2$

Électroneutralité:

$[H_3O^+] + [K^+] + [Na^+] = [OH^-] + [Cl^-]$

Soit $[Na^+] = [OH^-] + [Cl^-] - ([H_3O^+] + [K^+])$

$C_b/2 = 0,022 - 0,012 - 0,001 = 0,009$ mol/L,car$[OH^-] << [H_3O^+]$

$\Rightarrow$ A.N : $C_b = 0,018$ mol/L

Corrigé de l'exercice 6

1. Espèces chimiques en solution : **H_2O ; H_3O^+ , OH^- , Cl^- et HCl ?**

$[H_3O^+] = 10^{-3}$ mol/L $[OH^-] = 1.10^{-11}$ mol/L

$[Cl^-] = [H_3O^+] = 10^{-3}$ mol/L $[HCl] = C - [Cl^-] = 0$ ***La réaction est totale toutes les molécules HCl ont réagit et disparu complètement. 2/***

****Espèces chimiques en solutions*** **: H_2O, H_3O^+ , OH^- , CH_3COO^- , CH_3COOH*****Produit ionique de l'eau***

$[H_3O^+] = 3.98\ 10^{-4}$ mol/L $[OH^-] = 2.51.10^{-11}$ mol/L

Electroneutralité :

$[CH_3COO^-] = [H_3O^+] = 3.98\ 10^{-4}$ mol/L

Conservation de la matière **:**

$[CH_3COOH] = C - [CH_3COO^-] = 9{,}6.10^{-3}$ mol/L

Ce qui signifie que *la réaction est très incomplète* car 96% des molécules ne se sont pas transformées.

2. -Solution A : la réaction étant totale le nombre d'ions hydronium venant de l'acide ne change pas ([HCl] = 0) et ceux provenant de l'eau sont négligeables. Le volume étant multiplié par 100 ; la concentration est divisée par 10^2 et le pH augmente de 2 unités

-Solution B : la réaction n'étant pas totale ;il reste dans le milieu beaucoup de molécules de CH_3COOH pouvant réagir.

Comme il s'agit d'un équilibre chimique, la réaction qui s'oppose à l'augmentation des molécules d'eau est favorisée. Cette réaction produit des ions hydroniums ; leur nombre augmente donc selon l'équation :

$$CH_3COOH + H_2O \leftrightarrows CH_3COO^- + H_3O^+$$

Le volume est multiplié par 100 ; le nombre d'ions hydronium est multiplié par 10 la concentration étant divisé par 10 ;le pH n'augmente que d'une unité.

Corrigé de l'exercice 7

1. Calcul des molarités :

Les espèces chimiques en solutions **sont :**

H_2O, H_3O^+ , OH^- , CH_3COO^- , CH_3COOH Na^+

Produit ionique de l'eau

$[H_3O^+] = 1{,}3\ 10^{-9}$ mol/L $[OH^-] = 7{,}9.10^{-6}$ mol/L

Électroneutralité:

$[H_3O^+] + [Na^+] = [OH^-] + [CH_3COO^-]$ d'où

$[CH_3COO^-] = [Na^+] - [OH^-]$ car $[H_3O^+] \ll [OH^-]$ on a $[CH_3COO^-] = [Na^+] - [OH^-]$; La concentration des ions sodium étant $[Na^+] = C = 10^{-1}$ mol/L
ce qui donne $[CH_3COO^-] = 10^{-1}$ mol/L

La conservation de matière : **$[CH_3COOH] + [CH_3COO^-] = C$**
soit : $[CH_3COOH] = C - [CH_3COO^-] = C - ([Na^+] - [OH^-])$
$\Rightarrow [CH_3COOH] = [OH^-]\ ^-] = 7{,}9.10^{-6}$ mol/L
2. Les valeurs précédentes permettent de calculer la constante d'acidité d'expression :
$K_a = [H_3O^+] \times [CH_3COO^-] / [CH_3COOH]$
A .N : $K_a = 1{,}58\ .10^{-5}$ et $pK_a = 4{,}8$

Corrigé de l'exercice 8

1. L'équation de dissolution de l'acide méthanoïque dans l'eau est :

$$HCOOH + H_2O \leftrightarrows HCOO^- + H_3O^+$$

Les espèces chimiques en solutions **sont :**

H_2O ; H_3O^+ , OH^- , $HCOO^-$, $HCOOH$

Produit ionique de l'eau :

$[H_3O^+] = 4{,}10^{-3}$ mol/L $\quad [OH^-] = 2{,}5.10^{-12}$ mol/L

Électroneutralité: **$[H_3O^+] = [OH^-] + [HCOO^-]$ donc $[HCOO^-] = [H_3O^+]$ car $[OH^-] \ll [H_3O^+]$**

La conservation de la matière **s'écrit :**

$[HCOOH] + [HCOO^-] = C$
d'où les concentrations $[HCOO^-] = 4.10^{-3}$ mol/L et $[HCOOH] = 9{,}6.10^{-2}$ mol/L
Les résultats précédents permettent de calculer K_a et pKa ; en effet
$K_a = [HCOO^-] \times [H_3O^+] / [HCOOH]$
soit numériquement : $K_a = 1{,}67.10^{-4}$ mol/L et $pK_a = 3{,}8$.
2. *Les espèces chimiques en solutions sont :*

H_2O , H_3O^+ , OH^- , $HCOO^-$, $HCOOH$, Na^+

Produit ionique de l'eau :

$[H_3O^+] = 7{,}9.10^{-5}$ mol/L $\quad [OH^-] = 1{,}3.10^{-10}$ mol/L

Les ions sodium proviennent uniquement de la deuxième solution
$[Na^+] = C_2V_2/(V_1+V_2) = 0{,}1$mol/L

Électroneutralité : **$[H_3O^+] + [Na^+] = [OH^-] + [HCOO^-]$**
$[H_3O^+]$ et $[OH^-]$ étant négligeables par rapport à $[Na^+]$
On a $[HCOO^-] = [Na^+] = 0{,}1 mol/L$.
Les ions éthanoate et les molécules d'acide éthanoïque viennent des deux solutions.
Dans le mélange la concentration totale est
$(C_2V_2 + C_1V_1)/(V_1+V_2)$
La conservation de la matière **s'écrit :**
$[HCOOH] + [HCOO^-] = (C_2V_2 + V_1C_1)/(V_1+V_2) = 0{,}15 mol/L$
Soit $[HCOOH] = (C_2V_2 + V_1C_1)/(V_1+V_2) - [HCOO^-]$
$[HCOOH] = 0{,}15 - 0{,}1 = 0{,}05 mol/L$.
Soit $K_a = 1{,}58.10^{-4}$ et $pK_a = 3{,}8$

Corrigé de l'exercice 9

1. Les espèces chimiques en solutions **sont :**

H_2O, H_3O^{+}, OH^- , Cl^-

Produit ionique de l'eau :

$[H_3O^+] = 2.10^{-2}$ mol/L $[OH^-] = 5.10^{-13}$ mol/L

Électroneutralité **: $[H_3O^+] = [OH^-] + [Cl^-]$**
comme $[OH^-] << [H_3O^+]$ on a $[Cl^-] = [H_3O^+]$
soit $[Cl^-] = c1 = 2.10^{-2}$ mol/L , car Cl^- est indifférent.
2.1. Lorsqu'on ajoute la solution de chlorure de sodium dans l'acide chlorhydrique, on ajoute des ions indifférents : il n'y a donc pas de réaction chimique et le pH ne varie qu'à cause de la dilution.
La concentration en ions H_3O^+ est 2.10^{-2} mol/L avant le mélange et 1.10^{-2} mol/L après le mélange : le volume ayant été doublé la concentration est divisée par 2.
2.2. Lorsqu'on ajoute la solution d'éthanoate de sodium dans l'acide chlorhydrique, une réaction se produit, l'acide le plus fort réagit avec la base la plus forte selon l'équation :
$CHCOO^- + H_3O^+ \leftrightarrows CH_3COOH + H_2O$
La concentration en ion H_3O^+ est 4.10^{-4} mol/L après le mélange et après la réaction chimique ; l'importante diminution des ions H_3O^+ est due à la réaction chimique précédente

Corrigé de l'exercice 10

***1er mélange :$[Cl^-] = C_1V_1 / (V_1 + V_2) = [H_3O^+] =0{,}01$ mol/L soit $\boxed{A=V_2 = 450ml}$**
***2er mélange pH = pK_a soit**
$[CH_3COO^-] = [CH_3COOH] =1/2(C_1V_1 / V)$
$[CH_3COO^-] = [CH_3COOH] =0{,}1x10/(2x30) =0{,}033$ mol/L
Produit ionique de l'eau :
$[H_3O^+] = 1{,}78.10^{-5}$ mol/L et $[OH^-] = 5{,}62.10^{-10}$ mol/L tous deux négligeables devant $[CH_3COO^-]$
***L'électroneutralité* donne**
$[Na^+] = C_2 V_2 / V = [CH_3COO^-] =1/2.(C_1V_1 / V)$ ce qui donne
$C_2V_2 =1/2.C_1V_1$ soit $\boxed{B =C_1 = C_2 = 0{,}1mol/L}$.
***3er mélange :**
Espèces chimiques en solutions :
H_2O ; H_3O^+ , OH^-, Cl^- , NH_4^+ , NH_3
Produit ionique de l'eau :
$[H_3O^+] = 6{,}31.10^{-10}$ mol/L et $[OH^-] = 1{,}58.10^{-5}$ mol/L
$[Cl^-] =0{,}5\ C_1$ Le pH étant égal au pKa, on a :
$[NH_4^+] = [NH_3] \Rightarrow [NH_4^+] =1/2(C_2 V_2 / V)=0{,}1x20 /2.40=0{,}025mol/L$
***L'électroneutralité* donne : $[NH_4^+] + [H_3O^+] = [OH^-] + [Cl^-]$ d'où $[NH_4^+] = [Cl^-]$**
et $0{,}5\ C_1=0{,}025$ $\boxed{D = C_1 =0{,}05mol/L}$.

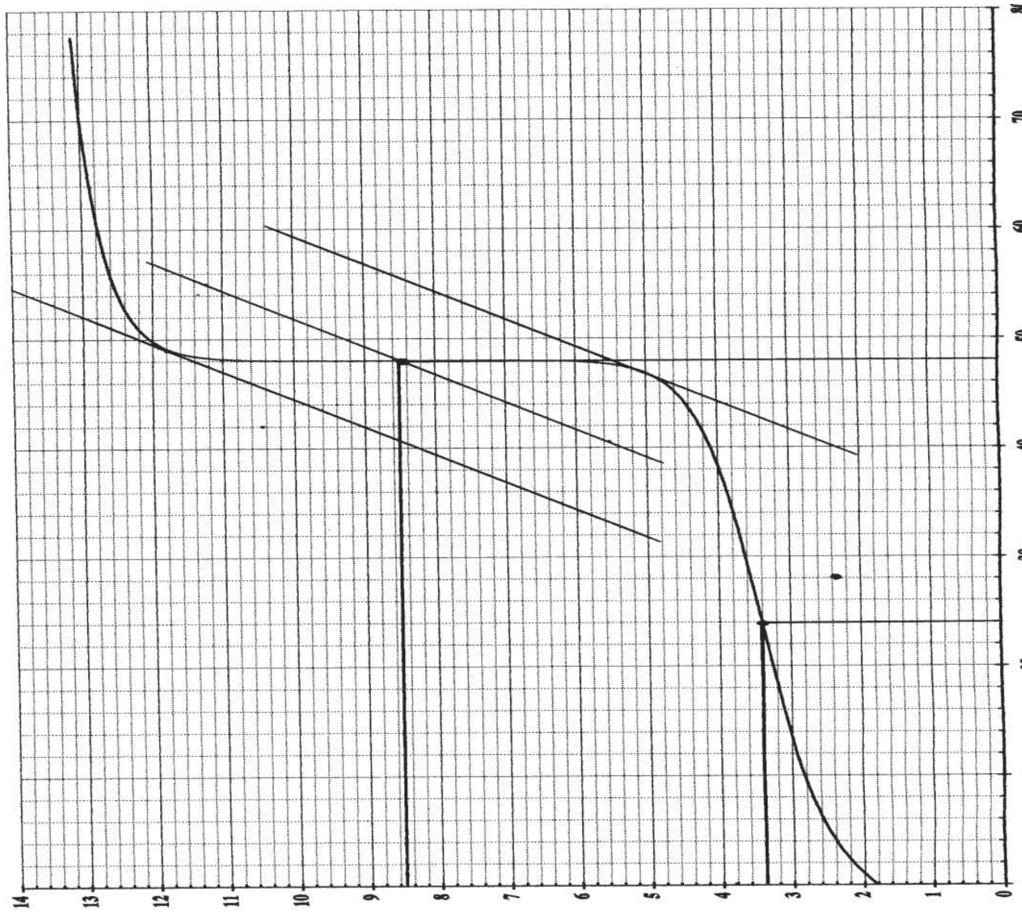
Corrigé de l'exercice 11

Espèces chimiques en solutions :
H_2O , H_3O^+ ,OH^- , Cl^- , NH_4^+ , NH_3 ,$CHCOO^-$,CH_3COOH
$[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ mol/l
***L'électroneutralité* donne :**
$[NH_4^+] + [H_3O^+] = [OH^-] + [CHCOO^-] \Rightarrow [NH_4^+] =[CHCOO^-]$
***Conservation de la matière* :**
$(200/250)\ xC_b = [NH_4^+] + [NH_3] \Rightarrow [NH_4^+] + [NH_3] =0{,}8C_b$ et
$(50/250)x0{,}01= [CHCOO^-]+[CH_3COOH]$
soit $[CHCOO^-]+[CH_3COOH]= 2.10^{-3}$
La relation de Henderson donne
$pH =pK_a +\log([NH_3] /[NH_4^+]) \Rightarrow \log([NH_3] /[NH_4^+]) = -2{,}2$
et $pH = pK_a + \log([CHCOO^-] / [CH_3COOH])$
d'où $\log([CHCOO^-] /[CH_3COOH]) = -2{,}2$
Ce qui entraîne $[CHCOO^-] / [CH_3COOH] = [NH_3] / [NH_4^+]$ et par suite $[CH_3COOH] = [NH_3]$
En définitif on a : $0{,}8C_b =2.10^{-3}$ et $C_b =2{,}5.\ 10^{-3}$ mol/L.

Corrigé de l'exercice 12

1° $AH + OH^- \leftrightarrows A^- + H_2O$

2° D'après la courbe : Le point d'équivalence a pour coordonnées (V_E = 48mL ; pH = 8,7)



3° À l'équivalence acido-basique tout se passe comme si on avait une solution de sel de l'acide et de la base.

Il se dissocie sous la forme : $A^- + Na^+$.

Les ions Na^+ étant indifférents ; les ions A^- réagissent avec l'eau selon l'équation :

$A^- + H_2O \rightarrow AH + OH^-$

4° À l'équivalence acido-basique on a :

$C_a V_a = C_b V_b \Rightarrow C_a = C_b V_b / V_a$ A.N : C_a = 0,6mol/L

5° A la demi équivalence acido-basique on a : pH = pK_a

Sur la courbe pour $V_b = V_E/2$ = 24mL, on lit pH = 3,4 $\Rightarrow$ pK_a = 3,4

6.1. A l'équivalence une mole d'acide (ou de base) donne une mole de sel :

On avait 0,6x0, 04 =24.10^{-3} mol d'acide AH qui ont donné 24.10^{-3} mol de sel

6.2. La masse molaire M : $M = m/n$ A.N : $M = 69g/mol$
6.3. La formule brute du sel est :N_xO_yNa
$\Rightarrow 14x + 16y + 23 = 69$ soit $x= 1$ et $y = 2$
Le sel est $NaNO_2$ et l'acide est HNO_2

Corrigé de l'exercice 13

1° Pour un acide fort $[H_3O^+] = C_1 \Leftrightarrow pH = -\log[H_3O^+]$ soit pH = 2,15
2°
$CH_3\text{-}CHCl\text{-}COOH + H_2O \leftrightarrows CH_3\text{-}CHCl\text{-}COO^- + H_3O^+$
$CH_2Cl\text{-}CH_2\text{-}COOH + H_2O \leftrightarrows CH_2Cl\text{-}CH_2\text{-}COO^- + H_3O^+$
3°Si R_2COOH était un acide fort on aurait
$[H_3O^+] = 0,03mol/L$ et le pH = 1,52.
Si R_3COOH était un acide fort on aurait $[H_3O^+]=0,6mol/L$ et le pH = 0,22.
4°Il y a 20 fois plus de molécules de R_3COOH que de R_2COOH et on a le même nombre de moles de H_3O^+ en solution donc R_2COOH est plus fort que R_3COOH.
L'atome de chlore ayant un effet électro-attracteur favorisant la dissociation donc augmentant l'acidité : O

||
R – C – O - H

Dans l'acide 3- chloropropanoïque le Cl est plus éloigné du groupement –COOH et son effet est moins important ; c'est cet acide qui est le plus faible.

Corrigé de l'exercice 14

1. L'équation bilan de la réaction :

$HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

La valeur du pH : $pH= -\log C_a =1$.
2. L'équation bilan de la réaction de l'amine avec l'eau :
$R\text{-}NH_2 + H_2O \leftrightarrows R\text{-}NH_3^+ + OH^-$
Pour montrer que la réaction n'est pas totale plusieurs méthodes sont possibles par exemple; il suffit de montrer que $pH \neq 14+\log C_b$ ce qui est bien le cas.
3.1. Pour obtenir la solution tampon S, on mélange n_a moles d'acide fort et n_b moles de base faible telle que $n_a = n_b/2 \Rightarrow n_b =2n_a$

$C_bV_b=2C_aV_a \Rightarrow V_b=25V_a/4$ d'autre par $V_a+V_b=116mL$

Soit $V_a=16mL$ et $V_b= 100mL$.

3.2. L'équation bilan de la réaction :

$R\text{-}NH_2 + H_3O^+ \rightarrow R\text{-}NH_3^+ + H_2O$

3.3. Les espèces chimiques :

H_2O, H_3O^+, OH^-, $R\text{-}NH_3^+$, Cl^- et $R\text{-}NH_2$,

Calcul des concentrations :

$[H_3O^+]=10^{-pH} =1,58.10^{-11}mol/L$ $[OH^-]=6,93.10^{-4}mol/L$

$[Cl^-]= C_aV_a/V= 1,38.10^{-2}$ mol/L

$[H_3O^+] +[R\text{-}NH_3^+] =[OH^-] +[Cl^-]$

$\Rightarrow$ $[R\text{-}NH_3^+] =[OH^-] +[Cl^-]=1,45.10^{-2}$ mol/L

$C_bV_b/V=[R\text{-}NH_2] +[R\text{-}NH_3^+]\Rightarrow$ $[R\text{-}NH_2]=1,3.10^{-2}$ mol/L.

La valeur du pKa :

$pKa=-\log Ka=-\log[H_3O^+] \times [R\text{-}NH_2]/ [R\text{-}NH_3^+]\Rightarrow pKa=10,8$

Corrigé de l'exercice 15

1. Le nombre de moles de soude dans un litre de solution :

$$C_b = \left[OH^-\right] \text{ et } C_b = \frac{n}{V} \Rightarrow n = C_bV \quad \text{A.N : } n =10^{-4} \text{ mol/L}$$

2.1. La réaction de dissociation de l'acide :

$$CH_3COOH + H_2O \leftrightarrows H_3O^+ + CH_3COO^-$$

Calcul des concentrations molaires volumiques

$[H_3O^+]= 10^{-pH}= 4.10^{-4}$ mol/min $[OH^-] = 2,5.10^{-11}$ mol/min

$[CH_3COO^-] + [OH^-]=[H_3O^+]\Rightarrow [CH_3COO^-]=[H_3O^+]4.10^{-4}$ mol/min

$[CH_3COOH] = [H_3O^+].[CH_3COO^-]/Ka$ A.N: $[CH_3COOH]= 10^{-2}$ mol/min

2.2. Calcul du coefficient d'ionisation

$\alpha= [CH_3COO^-]/C$ avec $C= [CH_3COOH]+[CH_3COO^-]= 10^{-2}$ mol/min

soit $\alpha= 4\%$

3.1. Le nombre de mole de la base $n_b = C_1V_1 = 2.10^{-4}$ mol

Le nombre de mole de l'acide $n_a = C_2V_2 = 4.10^{-4}$ mol

Comme $n_b = n_a/2$ la solution est une solution tampon dont le pH=pKa=4,8

La solution a un pH qui varie peu par ajout de peu d'acide fort ou de base forte ou par dilution.

3.2. Le nombre initial de mole de Na^+ étant $n_0 = n_b = 2.10^{-4}$ mol ; calculons le nombre de mole final de Na^+ dans la solution :

Les espèces chimiques sont **: H_3O^+ ; H_2O ; CH_3COO^- ; OH^- ; CH_3COOH et Na^+**

$pH = pKa + \log[CH_3COOH]/[CH_3COO^-]$

$\Rightarrow [CH_3COOH]/[CH_3COO^-] = 10^{pH-pKa} \Rightarrow [CH_3COOH] = 0,8[CH_3COO^-]$
d'autre part **$C_2V_2/(V_1+V_2) = [CH_3COOH]+[CH_3COO^-]$**

$\Rightarrow [CH_3COO^-] = 3,7.10^{-4}$ mol /L

L'électroneutralité permet d'écrire **$[H_3O^+] + [Na^+] = [CH_3COO^-] + [OH^-]$**

$\Leftrightarrow [Na^+] \approx [CH_3COO^-] = 3,7.10^{-4}$ mol /L

Le nombre final de mole de Na^+ serait alors :

$n_t = [Na^+]V = 3,7.10^{-4}.60.10^{-3} = 2,2310^{-4}$ mol

Le nombre de mole Na^+ ajouté $n = n_t - n_0 = 0,2310^{-4}$ mol ; ce qui correspond à une masse de sodium m=n.M avec M=40g/mol soit m=0,9mg

Physique

Première partie

Dynamique

Les bases fondamentales de la dynamique

- **Un système est un ensemble de points matériels.**
- **Un système peut être déformable ou indéformable.**
- **Une force intérieure est une force exercée par une partie du système sur une autre partie de ce système.**
- **Une force extérieure est une force exercée par l'extérieur sur le système.**
- **La relation fondamentale de la dynamique R.F.D:**
- **L'ensemble des forces appliquées à un point matériel de masse m provoque une variation de sa vitesse :** $\sum \vec{F} = m\vec{a}$
- **Le théorème de l'énergie cinétique :**

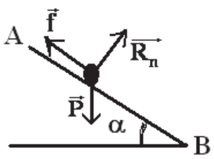
La variation de l'énergie cinétique d'un solide entre deux instants est égale à la somme algébrique des travaux de toutes les forces appliquées au solide entre ces deux instants : $\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}}$,

- **Le théorème de l'énergie mécanique :**
  La variation de l'énergie mécanique d'un système entre deux instants est égale à la somme algébrique des travaux des forces extérieures et des forces intérieures dissipatives qui s'exercent sur le système entre ces deux instants :

$$\Delta E_m = \sum W_{\vec{F}ext} + \sum W_{\vec{F}int}(\text{dissipatives}),$$

Les applications de la RFD

1. Glissement sur un plan incliné faisant un angle α avec l'horizontale :



- **Nature du mouvement:**

$$a = g\sin\alpha - \frac{f}{m}$$

(m.r.u.v).

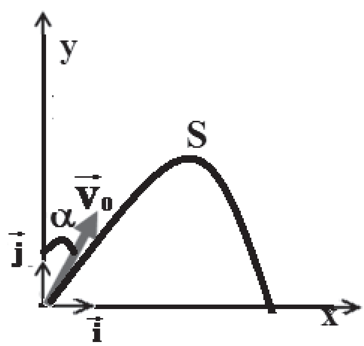
- **Expression de R:** $R = \sqrt{(mg\cos\alpha)^2 + f^2}$
- **Si f =0:** $a = g\sin\alpha$ **et** $R_n = mg\cos\alpha$

2. Cas d'un projectile :

- **Les vecteurs accélération** $\vec{a}$ **, vitesse** $\vec{V}$ **et position** $\overline{OM}$

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \Rightarrow \vec{V}\begin{cases} V_x = V_0\cos\alpha \\ V_y = -gt + V_0\sin\alpha \end{cases}$$

$$\Rightarrow \vec{OM}\begin{cases} x = V_0\cos\alpha t & (1) \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0\sin\alpha t & (2) \end{cases}$$



- **Equation de la trajectoire:**

$$Y = -\frac{gx^2}{2V_0^2\cos^2\alpha} + x\,tg\alpha$$

- **La portée : C'est la distance entre le point de tir O du projectile et son point de chute P sur le plan horizontal.**

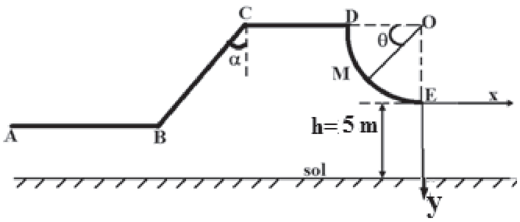
$$x_p = \frac{V_0{}^2 \sin 2\alpha}{g}$$

- **La flèche : Elle correspond à la hauteur maximale atteinte par le projectile au dessus du plan horizontal (ordonnée du sommet S de la trajectoire).** $Y_S = \dfrac{V_0{}^2 \sin^2\alpha}{2g}$

Exercice 1

On néglige les frottements et on prendra g=10m/s²

Un skieur de masse totale m=80kg aborde une piste verglacée A, B, C, D et E. (voir fig).



Dans cet exercice le skieur sera assimilé à un point matériel confondu avec son centre d'inertie G.

1 Partant sans vitesse du point A il est poussé sur le parcours AB par une force $\vec{F}$ parallèle à la piste pour arriver en B avec une vitesse $\vec{V}_B$ .Cette vitesse $\vec{V}_B$ lui permet d'atteindre le point C. AB=*l*=20m; BC=*l'*=40m; g=10m/s² et α=60°.

1.1 Calculer la valeur de la vitesse $\vec{V}_B$ pour laquelle le skieur arrive en C avec une vitesse nulle.

1.2 Calculer alors la valeur supposée constante de la force $\vec{F}$.

1.3 Déterminer la nature du mouvement du skieur entre B et C sachant que $\vec{F}$ ne s'exerce qu'entre A et B.

2 En arrivant en C le skieur s'aide de ses bâtons pour repartir sur CD, horizontale, et acquérir au point D une vitesse de valeur V_D=10m/s avec la quelle il entame le tronçon circulaire $\overset{\frown}{DE}$ de rayon r=OD=OE=2,2m.

2.1 Exprimer:

2.1.1 La valeur V_M de la vitesse du skieur au point M en fonction de V_D, r, g et de l'angle θ et en déduire sa valeur au point E.

2.1.2 La valeur R de la réaction exercée par la piste sur le skieur au point M en fonction de m, V_D, r, g et de l'angle θ.

2.2 Le skieur quitte la piste au point E pour arriver au point P situé sur le sol.

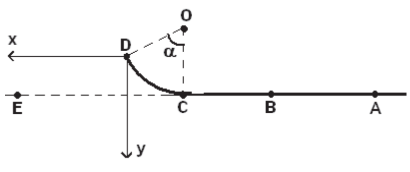
2.2.1 Calculer l'équation de la trajectoire dans le repère (E, x, y).

2.2.2 Calculer l'abscisse du point P de chute.

Exercice 2

Dans l'Exercice on négligera les frottements et l'action de l'air et on donne g = 10m/s².

Un rail ABCD contenu dans un plan vertical comporte une partie ABC rectiligne posée sur le sol horizontal et une partie CD qui a la forme d'un arc de cercle de centre O, de rayon r =0,5m et d'angle au centre α = 60° (voir fig1).



1 Un solide S de masse m = 0,1 Kg assimilable à un point matériel, est initialement au repos en A. Il est soumis sur la portion AB du rail à une force $\vec{F}$ parallèle au rail, dirigée de A vers B et d'intensité constante. Un dispositif a permis d'enregistrer la position du solide toute les $2.\ 10^{-2}$ s.

05_PC Tome 1 Inner.indd 101 03/02/21 10:58 pm

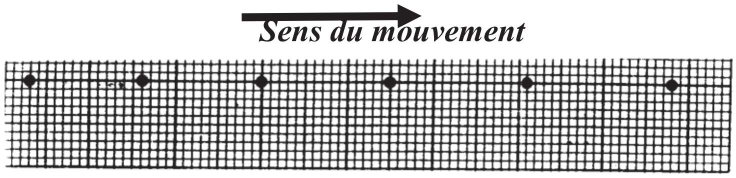


fig 2

La figure 2 représente, en vraie grandeur, une partie de l'enregistrement.

1-1 Déduire de cet enregistrement la nature du mouvement de S et calculer son accélération.

1-2 Calculer l'intensité F de la force.

2-La force $\vec{F}$ cesse d'agir lorsque S atteint le point B, la vitesse du solide vaut alors 3m/s.

2-1 Déterminer la vitesse v du solide au point C.

2-2 Avec la vitesse calculée, le solide S aborde la partie CD du rail. Déterminer au point D les caractéristiques :

1.2.1 du vecteur vitesse $\vec{V}_D$ du solide.

1.2.2 de la force $\vec{R}_D$ exercée par le rail sur le solide S.

3- en D le solide S quitte le rail avec la vitesse V_D et effectue alors un mouvement aérien.

3.1 Etablir l'équation de la trajectoire du mouvement du solide S dans le plan (D,x,y).

3.2 Déterminer les coordonnées du sommet de la trajectoire.

3.3 Calculer l'abscisse du point de chute E sur le sol.

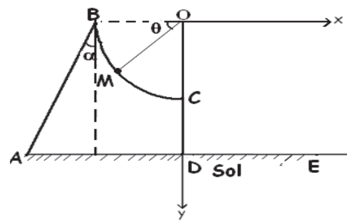
3.4 En utilisant la conservation de l'énergie mécanique entre les points D et E, calculer la vitesse du solide S à son arrivée en E.

Exercice 3

Une piste $ABCD$ est formée d'une partie AB rectiligne qui fait un angle α avec la verticale, une partie BC ayant la forme d'un arc de cercle de centre O et de rayon r et en fin une partie CD verticale (voir fig).

Données : $\alpha = 60°$, $g = 10m/s^2$, $BO = CO = r = 1m$, $OD = 2m$

Un solide S de masse $m = 200g$ est lancé de A vers B avec une vitesse V_A.



1 Déterminer la nature du mouvement de A à B.

Les frottements sont assimilables à une force $f = \frac{mg}{4}$

(les frottements n'existent qu'entre A et B seulement.)

2 Calculer la vitesse minimale avec la quelle il faut lancer le solide S du point A pour qu'il arrive en B avec une vitesse nulle.

3 Le solide S descend de B vers C sans vitesse initiale.

3.1 Donner l'expression de sa vitesse en M en fonction de g, r et θ. A. N: θ=30°

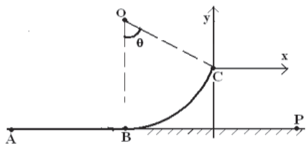
3.2 Trouver l'expression de la réaction en M de la piste sur S en fonction de g, m et θ La calculer.

4 Donner les caractéristiques de la vitesse du solide S en C.

5 Le solide S quitte la piste à t=0 au point C et arrive au sol au point E.
5.1. Donner l'équation de la trajectoire du solide dans le repère $(O; x; y)$.
5.2. Déterminer l'abscisse du point de chute E.

Exercice 4

Les frottements sont négligeables et on donne m=200g, g=10m/s² $\theta = 60^0$



Une piste de lancement est formée de deux parties :

- **Une partie horizontale AB de longueur l=3,5m .**
- **Une partie circulaire BC de rayon r=1,3m.**

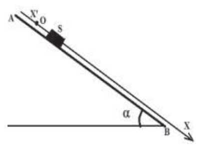
Un solide ponctuel S de masse m est lancé du point A avec une vitesse horizontale $\overrightarrow{V_A}$.

1 Montrer que, sur la partie AB le mouvement du solide S est uniforme. Calculer la vitesse V_A si la durée du trajet AB est t=0,5s.

2 Le solide S aborde en suite la partie circulaire BC.
2.1 Donner les caractéristiques du vecteur vitesse du solide S au point C.
2.2 Trouver l'expression de la réaction de la piste sur le solide au point C et calculer sa valeur.
3 Le solide S quitte la piste au point C.
3.1 Donner l'équation de la trajectoire du mouvement du solide après C dans le repère $(C; x; y)$
3.2 Déterminer les coordonnées du sommet de la trajectoire et la valeur de la vitesse en ce point.
3.3 Calculer le temps mis par le solide S pour partir de C jusqu'au point P situé sur le sol.

Exercice 5

Dans l'Exercice on prendra g=10m/s



Un solide S de masse m=500g, abandonné sans vitesse initiale, glisse sur un plan incliné d'un angle α=30° par rapport au plan horizontal. On suppose que le solide S est soumis à une force de frottement constante $\vec{f}$ parallèle à la trajectoire de son centre de gravité G.

1.1 Etablir l'expression de l'accélération a_1 de son centre d'inertie G. En déduire la nature du mouvement.
1.2 Dans le repère (x'Ox), établir en fonction de a_1, l'équation horaire du mouvement du centre d'inertie G en prenant comme origine des dates l'instant où le solide S est lâché sans vitesse et comme origine des abscisses la position O.
1.3 Calculer la valeur de l'accélération a_1 dans le cas où les frottements sont négligeables.
2 Un dispositif expérimental approprié permet d'enregistrer les positions du centre de gravité G de S à des instants régulièrement espacés de τ= 60ms.

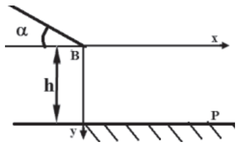
Les résultats expérimentaux ont permis d'établir le tableau suivant :

x_i(mm)	0	8,5	33,5	75	133	207,5
t_i(s)	0	0,06	0,12	0,18	0,24	0,30

2.1 Montrer que les distances parcourues pendant les mêmes intervalles de temps τ constituent une suite arithmétique de raison r et en déduire la valeur a_2 de l'accélération $\vec{a}$ du mouvement.

2.2 Au cours de cette expérience existe-t-il des frottements ? si oui calculer la valeur de $\vec{f}$.

3 Calculer la valeur de la vitesse à la date $t=3\tau$.



4 Au point B le solide S quitte le plan AB situé à une hauteur h=2m du sol.

4.1 Etablir les équations horaires x(t) et y(t) du mouvement de S dans le repère (B ;x ;y). En déduire l'équation de la trajectoire. On prendra pour origine des instants l'instant de passage par B et pour vitesse au point B : V_B=1m/s.

4.2 Trouver l'abscisse x_P du point de chute P sur le sol.

Trouver la valeur V_P de la vitesse de S au point P.

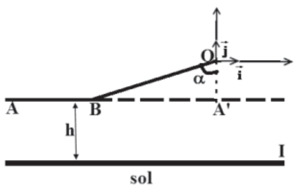
Exercice 6

On suppose que les frottements sont négligeables.

Une piste est formée de deux parties rectilignes :

-AB horizontale

- BO incliné d'un angle α=60° par rapport à la verticale et de longueur L=3,6m.



1 Un solide S ponctuel de masse m est lancé du point A avec une vitesse initiale $\vec{V}_A$.

1.1 Déterminer la nature du mouvement du solide S sur AB.

1.2 Etudier le mouvement de S sur la partie BO et donner l'expression de son accélération.

1.3 Calculer la valeur minimale que doit avoir V_A pour que la vitesse de S s'annule en O.

2 Le solide S arrive en O avec une vitesse $\vec{V}_0$ de module V_0=8m/s. Calculer V_A.

3 Arrivé en O, le solide quitte le plan incliné avec la vitesse $\vec{V}_0$.

3.1. Représenter le vecteur $\vec{V}_0$ puis établir dans le repère $(O,\vec{i},\vec{j})$, l'équation de la trajectoire de S. Conclure.

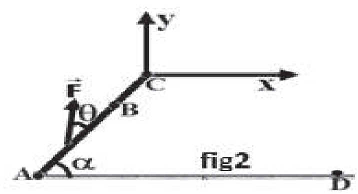
3.2 Le solide S touche le sol au point I, sachant que le plan AB se trouve à une hauteur h=1,2m du sol. Déterminer les coordonnées du point I dans le repère.

3.3 Quelle est la durée de cette chute.

3.4 Déterminer les coordonnées du point S où la vitesse du solide est horizontale.

Exercice 7

Sur un tremplin de surface parfaitement lisse incliné d'un angle α =30°par rapport à l'horizontale, un jouet S d'enfant constitué d'une petite voiture en partie cassable initialement au repos au point A, est tiré par une force constante $\vec{F}$, inclinée d'un angle α par rapport au plan du tremplin. Ce jouet S a une masse m=100g. (Voir fig2)



On donne cosθ = 0,8 ; AB = 2m ; AC=2,7m.

1. La vitesse atteinte par S au point B après le parcours rectiligne AB est égale à V_B=4 m.s^{-1}.

1.1. Calculer la valeur de $\vec{F}$.

1.2. Déterminer la nature du mouvement de S sur le trajet AB.

1.3. Au point B, l'action de la force $\vec{F}$ cesse, le solide poursuit son mouvement rectiligne jusqu'au sommet C du tremplin. Déterminer la nature du mouvement de S sur le trajet BC. Calculer la vitesse de S au point C.

2. Le solide quitte le tremplin au point C, origine du repère $(C, \vec{i}, \vec{j})$ avec la vitesse V_C=3m/s

2.1. Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire de S dans le repère $(C, \vec{i}, \vec{j})$. L'instant de passage de S en C est considéré comme origine des dates.

2.2. S atteint le sol au point d'impact D.

2.2.1. Calculer les coordonnées du point D.

2.2.2. Sachant que le solide est brisé s'il touche le sol avec une vitesse supérieure à 5m/s. Dans quel état se trouve S après la chute.

Exercice 8

On lance un solide S de masse m=400g à partir d'un pont A avec la vitesse V_A=4m/s sur un plan AB incliné d'un angle α=30°. On prendra g=10m/s² ; AB=0,7m

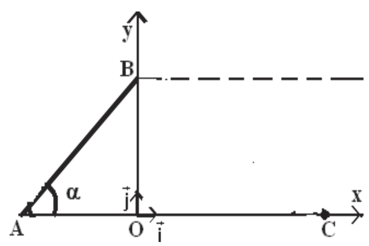
1 On néglige les frottements sur AB.

1.1 Donner l'expression de l'accélération du solide S et calculer sa valeur.

1.2 Calculer la vitesse au point B.

1.3 Calculer le temps mis entre A et B.

2 On considère que les frottements sur AB équivalent à une force $\vec{f}$ tangente à la trajectoire et de sens opposé au mouvement. Le solide S arrive au point B avec la vitesse V_B=2m/s.



2.1 Déterminer la valeur de la force de frottement.

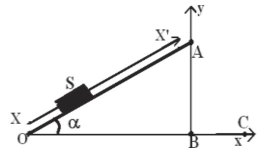
2.2 Déterminer la valeur de la réaction R exercée par le plan AB sur le solide.

3. Le solide quitte le plan incliné AB au point B avec la vitesse V_B=2m/s et effectue un mouvement aérien pour tomber au point C.

3.1. Ecrire dans le repère $(O; \vec{i}\ ; \vec{j})$ l'équation de la trajectoire du saut entre B et C.
3.2. Déterminer les coordonnées du sommet de la trajectoire du saut.
3.3. Déterminer les coordonnées du point C et en déduire la valeur de la distance BC.
3.4. Déterminer la vitesse du projectile au point C.

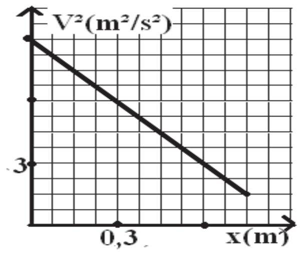
Exercice 9

On lance un solide S de masse m=100g avec une vitesse initiale V_0 à partir du point O origine des abscisses de l'axe XX' confondu avec la ligne de plus grande pente d'un plan OA incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale.



Un dispositif permet de mesurer les vitesses V à différentes positions d'abscisses x lors du mouvement du solide.

1 La courbe représente les variations V^2=f(x) lorsque les frottements sont négligeables.

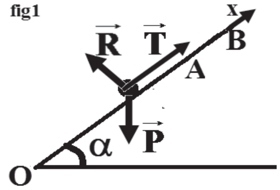


1.1 Etudier le mouvement du solide S sur le plan OA.
1.2 Ecrire la relation théorique liant V² et l'abscisse x.
1.3 En utilisant la courbe, en déduire :
1.3.1 La valeur de l'angle α.
1.3.2 La valeur de la vitesse initiale V_0.
2 Les frottements équivalent à une force constante et opposée au sens du mouvement.
2.1 Etablir la nouvelle expression de l'accélération a' du centre d'inertie du mobile.
2.2 Calculer l'intensité de la force de frottement sachant que l'énergie cinétique du solide est 0,2j quand il parcourt la distance x=OA=0,4m.
3 Arrivé au point A, le mobile continue son mouvement dans le vide.
3.1 Ecrire dans le repère (B;x;y) l'équation de la trajectoire du mouvement du mobile à partir du point A.
3.2 Calculer les coordonnées du point C de chute.

Exercice 10

On néglige les frottements et on prendra g=10m/s²

On se propose d'étudier le mouvement d'un solide de masse m=5kg assujetti à se déplacer le long de la plus grande pente d'un plan incliné d'un angle α=30° ave l'horizontale (fig1).
On désigne par Ox l'axe parallèle à la ligne de plus grande pente.



Une force de traction $\vec{T}$ supposée constante et parallèle à l'axe Ox, s'exerce sur le solide le long de OA. Mis en mouvement à partir de sa position de repos O, le solide atteint la position A d'abscisse x_A =0 ,5m avec une vitesse $\vec{V}_A$.

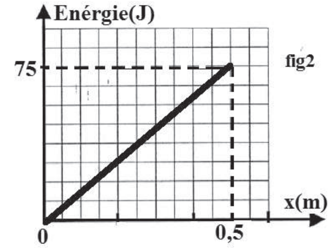
1. A partir de A, la force T est supprimée et le solide continue son mouvement jusqu'à l'arrêt au point B.

Sur la fig 1 sont représentées les forces que nous supposons être appliquées au centre d'inertie G du solide au cours de son mouvement entre O et A.

1.1 Montrer que pour une position d'abscisse x entre O et A, l'énergie mécanique E(x) du système {solide+Terre} s'écrit E(x)=T.x

On suppose que l'origine des énergies potentielles de pesanteur correspond au plan horizontal passant par O.

1.2 Le diagramme de l'énergie mécanique E(x) du système est porté sur la fig 2. Déduire la valeur T.



2.1 Etablir l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur $E_{PP}(x)$ du système et celle de l'énergie cinétique $E_C(x)$ du solide lorsque ce dernier occupe une position d'abscisse x entre O et A.

2.2 Compléter la fig2 en traçant les diagrammes correspondants à $E_{Pp}(x)$ et $E_C(x)$.

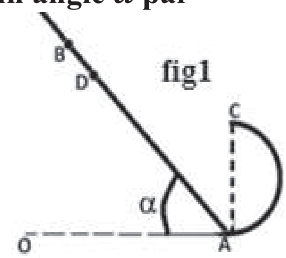
3En déduire la distance entre A et B.

Exercice 11

0n néglige les frottements sauf dans la question 2

Une piste est constituée d'une partie rectiligne inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale telle que la longueur BA= 6m, suivie d'une partie circulaire AC de rayon r = 0,5m.

L'ensemble de la piste est situé dans un plan vertical (voir figure 1)



1. Le solide (S), de masse 250g, supposé ponctuel, est en mouvement sur le plan incliné. Il est lâché sans vitesse d'un point D situé entre B et A tel que DA = L.

On suppose que le changement de pente en A ne provoque pas de variation de la vitesse.

1.1 Exprimer la norme de la vitesse V_C du mobile en C en fonction de r,α, L et g.

1.2 Déterminer l'expression de la réaction R exercée par la piste sur le mobile au point C en fonction de m, L, r, α et g.

1.3 Pour quelle valeur de L, le mobile quitte la partie circulaire de la piste en C? On donne sinα = 0,25

2 Dans une nouvelle expérience, le solide est lâché sans vitesse initiale. Il passe en B avec la vitesse V_B. Il est soumis, le long du trajet BA, à une force de frottement de valeur constante f.

A l'aide d'un dispositif approprié, on trace le diagramme de la figure 2 correspondant à la variation de l'énergie cinétique du mobile en fonction de l'abscisse x comptée à partir du point B.

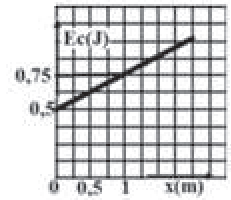


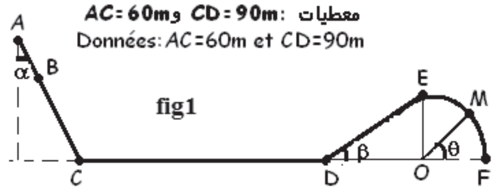
fig 2

2.1 En appliquant le théorème de l'énergie cinétique au mobile, entre la position B et une position M du plan incliné d'abscisse x quelconque, exprimer $E_C(M)$ en fonction de m, g, f, x et E_C (B).
2.2 En exploitant le diagramme de la figure 3, déterminer les valeurs de la force de frottement et de la vitesse au point B.

Exercice 12

Les forces de frottements ne s'exercent qu'entre **B** *et* **D**.*On prendra* $\mathbf{g = 10m/s^2}$

Un mobile de masse $m = 500g$ se déplace sur le trajet ayant la forme donnée par la fig1.
Le mobile commence sa course au sommet A de la partie rectiligne AC qui fait un angle $\alpha = 60°$ avec la verticale et arrive au point B avec la vitesse $V_B = 10m/s$.



1. Entre les points B et C s'exerce une force de frottement $\vec{f_1}$ qui ralentit le mouvement. Déterminer l'intensité de cette force f_1 pour que le mobile arrive en C avec une vitesse de valeur double de V_B.

2. Déterminer la valeur de la vitesse au point D si la force de frottement s'exerçant sur la partie horizontale CD représente le sixième du poids du mobile.

3. Le mobile aborde alors la partie DE qui fait un angle $\beta = 10°$ avec l'horizontale. Déterminer la longueur l de cette partie pour que le mobile arrive en E avec une vitesse pratiquement nulle.

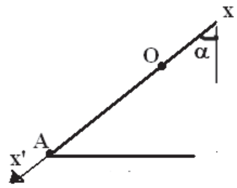
4. Arrivé au point E le mobile glisse sans frottement sur le quart du cercle EF de rayon r et de centre O situé sur la même horizontale CDF.

La position du mobile est repérée par l'angle $\theta = (\vec{OF}, \vec{OM})$.

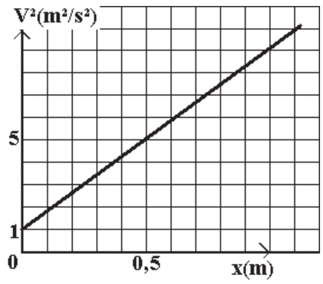
Exprimer la vitesse au point M en fonction de θ, l, β et g

Exprimer en fonction de θ, m et g la valeur de la réaction de la piste sur le mobile au point M.

Exercice13



Un solide ponctuel de masse m=200g glisse sur un plan OA incliné d'un angle $\alpha=60^0$ par rapport à la verticale. Il part du point O origine de l'axe orienté X'X avec une vitesse initiale de valeur V_0. Au cours de son mouvement, S subit une force de frottement $\vec{f}$. Un dispositif approprié permet de mesurer la vitesse V instantanée du solide pour différentes positions x. La courbe représentative de $V^2 = f(x)$ est donné par la fig2



1 Déterminer graphiquement l'équation $V^2 = f(x)$.

2 En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, établir l'expression de V^2 en fonction de x.

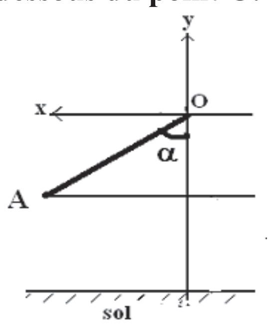
3 En déduire les valeurs de la force de frottement $\vec{f}$ et de la vitesse V_0.

4 Au point d'abscisse $x = 0,5m$, l'énergie mécanique E du système {solide-terre} est égale au double de l'énergie cinétique. En déduire la position adoptée pour le plan de référence de l'énergie potentielle de pesanteur.

5

5.1 Donner l'expression de l'énergie cinétique E_C et de l'énergie potentielle E_P du système {solide-terre} en fonction de x ; en prenant pour référence de l'énergie potentielle le plan horizontal situé à 0,5 cm en dessous du point O.

5.2 Sur un même graphique, représenter les courbes $E_C = f(x)$ et $E_P = g(x)$ pour les valeurs de x telles que $0 \leq x \leq 1m$.



5.3 En déduire l'expression de E en fonction de x puis tracer la courbe $E = h(x)$. On donne g=10m/s².

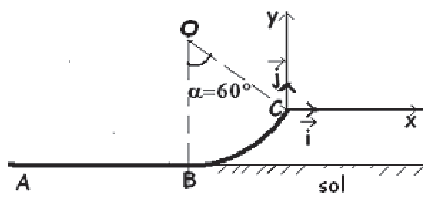
5.4 Le solide quitte le plan incliné en A tel que $OA = 3m$.

5.4.1 Donner les caractéristiques du vecteur vitesse du solide en A.

5.4.2 Déterminer les équations paramétriques du mouvement du solide S dans le repère $(O; x; y)$ après avoir quitté le plan incliné.

Exercice 14

Un solide S de masse m=200g se déplace sur une piste ABC, constituée d'une partie rectiligne et horizontale AB =1,6m et d'une partie curviligne BC de centre O et de rayon r=0,7m. (fig1)



1 Le solide quitte le point A sans vitesse initiale sous l'action d'une force constante $\vec{F}$ qui ne s'exerce qu'entre A et B.

On enregistre à des intervalles de temps réguliers $\tau = 20ms$ les positions occupées par le solide et on obtient l'enregistrement de la figure 2 ci-contre :

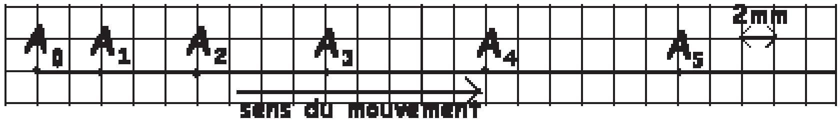


Fig2

1.1 Déterminer la nature du mouvement et calculer la valeur expérimentale de son accélération.

1.2 Sachant que la valeur de la force $\vec{F}$ est $F = 2N$ dire est ce que le mouvement se fait sans frottement ou avec frottement. Déterminer la valeur de la réaction exercée par la piste sur le solide ainsi que l'angle β qu'elle fait avec la verticale.

1.3 Calculer la valeur de la vitesse au point B.

2 Le solide continue son mouvement sans frottement sur la partie curviligne BC.

2.1 Déterminer les caractéristiques de la vitesse au point C.

2.2 Calculer la valeur de la réaction $\vec{R}_C$ qu'exerce la piste sur le solide au point C.

3 Le solide quitte la piste au point C avec la vitesse $\vec{V}_C$ et effectue un mouvement aérien avant d'atterrir au point D.

3.1 Déterminer l'équation de la trajectoire dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$.

3.2 déterminer les coordonnées des points le plus haut et le plus bas de la trajectoire.

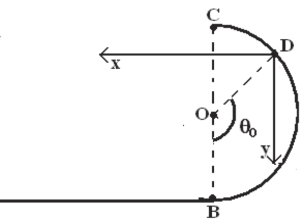
Exercice 15

Les frottements sont négligeables.

On étudie le mouvement d'un solide S sur une piste, constituée d'une partie rectiligne AB= ℓ et d'une partie BC représentant la moitié d'un cercle de centre O et de rayon r (fig 1).

On exerce entre A et B sur le solide S, qui était au repos en A, une force $\vec{F}$ horizontale d'intensité constante.

fig 1



1. Déterminer la nature du mouvement entre A et B et exprimer en fonction de F, ℓ et m la vitesse V_B du solide au point B.

2. Déterminer en fonction de F, ℓ, m, r, g et θ l'expression de la vitesse au point M défini par l'angle $\theta = (\overrightarrow{OB};\overrightarrow{OM})$.

3. Déterminer en fonction de F, ℓ, m, r, g et θ l'expression de la réaction R au point M.

Calculer la valeur minimale F_m de F qui permet que S atteigne le point C.

4. On donne à F la valeur F_0=7/3 N.

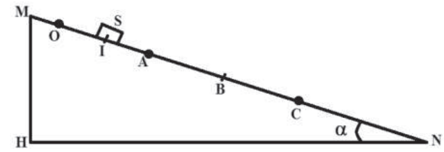
4.1. Le solide S perd contact avec la piste au point D dont la position est définie par l'angle $\theta_0 = (\overrightarrow{OB};\overrightarrow{OD})$. Déterminer l'angle θ_0 et calculer la vitesse V_D en ce point D.

4.2. Etablir dans le repère (D ; x ;y) de la fig 2 l'équation de la trajectoire du solide S.

4.3. Calculer l'abscisse du point I d'impact du solide S sur le plan horizontal.

Exercice 16

Un solide S de masse m=500g, abandonné sans vitesse initiale, glisse sur un plan incliné d'un angle α par rapport au plan horizontal. Il part du point O sans vitesse initiale et passe entre deux cellules A et C. Un index I solidaire du solide S, déclenche un chronomètre au passage en A et l'arrête en C.



La durée enregistrée par le chronomètre est Δt=0,05s.

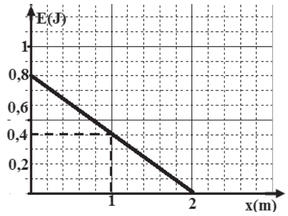
On pourra considérer que la mesure de la vitesse entre A et C permet de connaître avec une bonne précision la vitesse instantanée en B milieu de AC (voir fig1). On donne OB=1m ; AC=0,1m, MN=2m ; MH=0,6m ;V_A=1,994m/s.

1. Calculer l'angle α.

2.1. Calculer la variation de l'énergie cinétique du solide entre A et B puis la somme des travaux des forces appliquées en négligeant les frottements.

2.2 Que peut-on affirmer à propos de ce résultat.

3. Par application du théorème de l'énergie cinétique, en déduire la valeur de la force de frottement que l'on supposera constante et parallèle à la ligne de plus grande pente du plan incliné.

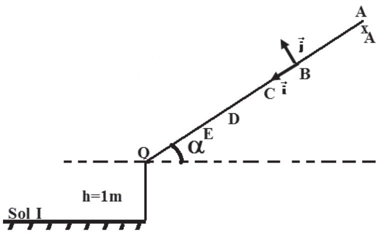


4. Sur la figure 2 on donne la représentation graphique de l'énergie mécanique E du système {solide, terre} en fonction de x.

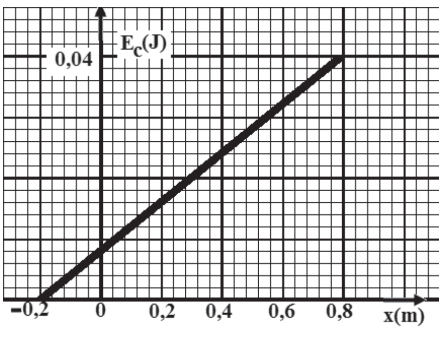
4.1. Déterminer graphiquement l'expression de E en fonction de x; la retrouver théoriquement.
4.2. En déduire la position du plan de référence des énergies potentielles de pesanteur par rapport au point O.
4.3. Etablir les expressions analytiques de l'énergie potentielle E_P et de l'énergie cinétique E_C en fonction de x. En déduire la position où l'on a $E_C = E_P$.

Exercice 17

Un solide S de masse m=0,14kg se déplace sur une piste rectiligne inclinée d'un angle α=10° par repport à l'horizontale. Le solide S est laché sans vitesse initiale du point A d'abscisse x_A définie relativement au repère $(B;\vec{i};\vec{j})$. Arrivé au point O, il s'engage dans un mouvement de chute parabolique où tout type de frotttement est négligeable et rencontre le sol au point I tel que la différence d'altitude entre les points O et I est h=1m comme l'indique la fig 1.



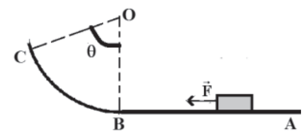
Les frottements auxquels est soumis le solide S au cours de son mouvement entre les points Aet O sont équivalents à une force $\vec{f}$ d'intensité supposée constante
A l'aide d'un dispositif approprié on détermine la vitesse instantannée du solide S lors de son passage par les points B, C, D, E et O d'abscisses respectives 0m ; 0,2m ; 0,4m ; 0,6m ; 0,8m. Ceci permet de tracer le diagramme de la fig 2 correspondant à l'énergie cinétique du solide S en fonction de l'abscisse x.
1. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique au solide entre la position B et une position quelconque M d'abscisse x par rapport au repère $(B;\vec{i})$, montrer que :
$E_C(x)$= mgxsinα - fx+E_{CB}
2. En utilisant le diagramme de la fig2 déterminer l'intensité de la force de frottement et la valeur de l'abscisse x_A du point A. On donne g=9,8m/s².
3. Montrer que l'énergie mécanique E_m du système {terre+S} est conservée au cours du mouvement de chute parabolique.



4. Calculer la valeur de E_m sachant que l'énergie potentielle de pesanteur au sol est nulle.
En déduire la valeur de la vitesse avec laquelle le solide percute le sol en I.

Exercice18

Un solide ponctuel de masse m=500g glisse sur un trajet constitué d'un plan horizontal AB de longueur L=2m et d'un arc de cercle BC de rayon r = 10cm. (fig1)



On enregistre le mouvement de ce solide sur la partie AB pendant des intervalles de temps successifs et égaux τ=50ms.
Le document de la fig2 représente cet enregistrement.
1. Calculer les vitesses aux points M_1, M_2, M_3 et M_4.
2. Calculer les accélérations aux points M_2 et M_3, en déduire la nature de ce mouvement.

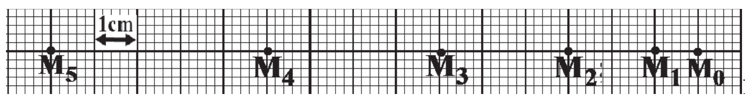


fig2

3. A l'instant t =0, le solide S quitte le point A sans vitesse initiale sous l'action d'une force $\vec{F}$ constante et parallèle au plan horizontal AB.
3.1 Donner l'énoncé du théorème de l'énergie cinétique.
3.2 Calculer la valeur de la force horizontale $\vec{F}$ sachant que la force de frottement est supposée négligeable.
3.3 Les frottements ne sont plus négligeables et sont supposés équivalents à une force $\vec{f}$ unique parallèle au plan AB et de sens opposé à celui du mouvement. Calculer l'intensité f de cette force de frottement $\vec{f}$, si F garde la valeur précédente et si V_B = 2m/s.
3.4 Calculer la valeur de la réaction R exercée par le plan AB ainsi que l'angle qu'elle fait avec la normale à ce plan.
4. La force $\vec{F}$ ne s'exerce plus sur le solide lors de son déplacement qui se fait sans frottement sur l'arc $\widehat{BC}$.
4.1 Exprimer la vitesse V_C au point C en fonction de V_B, r, g et θ.
4.2 Calculer sa valeur pour θ =60°.

Exercice 19

0n néglige les frottements sauf dans la question 3
Une piste est constituée d'une partie rectiligne inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale telle que la

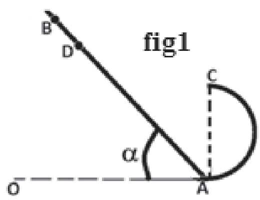


fig1

longueur BA= 6m, suivie d'une partie circulaire AC de rayon r = 0,5m.
L'ensemble de la piste est situé dans un plan vertical (voir figure 1)
On considère le système : {solide (S), terre}
1. Le solide (S), de masse 250g, supposé ponctuel, est en mouvement sur le plan incliné
1.1. Ecrire, en fonction de m, g, z et E_{pp0} , l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur E_{pp} du système (E_{pp0} représente la valeur de l'énergie potentielle de pesanteur du système au niveau du plan horizontal passant par O et A).

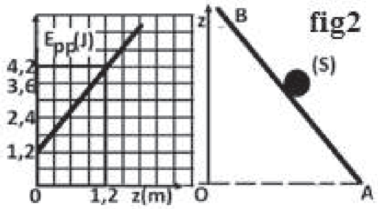


fig2

1.2. L'étude de la variation de E_{pp} en fonction de l'altitude z, a donné la courbe de la figure 2 qui vérifie l'équation d'une droite: E_{pp}= az+b (E_{pp} en J et z en m). Déduire les valeurs de a et b.
1.3. Déduire les valeurs de l'accélération de pesanteur g, de E_{pp0} et de l'altitude z_0 qui correspond à E_{pp} = 0.
2. Le mobile est lâché maintenant sans vitesse d'un point D situé entre B et A tel que DA = L.
On suppose que le changement de pente en A ne provoque pas de variation de la vitesse.
2.1. Exprimer la norme de la vitesse V_C du mobile au point C en fonction de r, α, L et g.
2.2. Déterminer l'expression de la réaction R exercée par la piste sur le mobile au point C en fonction de m, L, r, α et g.
2.3. Pour quelle valeur de L, le mobile quitte la partie circulaire de la piste en C? On donne sinα = 0,25
3. Dans une nouvelle expérience, le solide est lâché sans vitesse initiale. Il passe en B avec la vitesse V_B. Il est soumis, le long du trajet BA, à une force de frottement de valeur constante f.

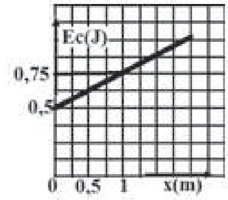
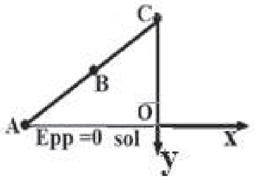


fig3

A l'aide d'un dispositif approprié, on trace le diagramme de la figure 3 correspondant à la variation de l'énergie cinétique du mobile en fonction de l'abscisse x comptée à partir du point B.
3.1. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique au mobile, entre la position B et une position M du plan incliné d'abscisse x quelconque, exprimer E_C(M) en fonction de m, g, f, x et E_C (B).
3.2. En exploitant le diagramme de la figure 3, déterminer les valeurs de la force de frottement et de la vitesse au point B.

Exercice 20

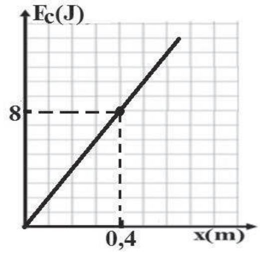
On considère un solide de masse m=5kg en mouvement sur une piste inclinée d'un angle α=60° par rapport à la verticale.



Sous l'action d'une force motrice $\vec{F}$ supposée constante et parallèle à la ligne de plus grande pente, le solide quitte la position A avec une vitesse nulle pour atteindre la position B telle que AB =8m avec une vitesse V_B.

Le solide est soumis constamment lors de son mouvement sur AC à une force de frottement de module f=5N.

1. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, établir l'expression de l'énergie cinétique E_C en un point d'abscisse x situé entre A et B en fonction de l'abscisse x, des forces F et f, de l'angle α de la masse m et de g.



2. Le diagramme de la variation de l'énergie cinétique est donné par la courbe $E_C = f(x)$.

2.1. Déterminer la valeur de la force motrice F.

2.2. Etablir en fonction de x, l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur $E_P(x)$ et celle de l'énergie mécanique $E_m(x)$ du solide lorsque ce dernier occupe une position d'abscisse x entre A et B.

2.3. Compléter la figure en traçant les diagrammes correspondants à $E_P(x)$ et $E_m(x)$.

3. Calculer la valeur de la vitesse au point B.

4. Lorsque le solide passe en B la force motrice est supprimée. Il continue alors son mouvement pour atteindre le point C avec une vitesse V_C. Montrer que le système {solide + Terre} n'est pas conservatif. En déduire la distance BC si la valeur de la vitesse au point C est V_C =4m/s.

5. Arrivé en C, le solide quitte le plan incliné avec la vitesse $\vec{V}_C$.

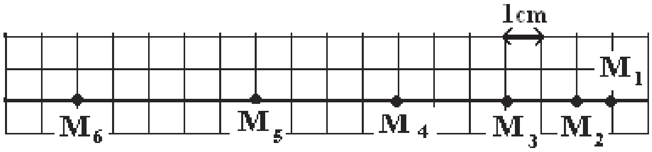
5.1. Représenter le vecteur $\vec{V}_C$ puis établir dans le repère (O, x, y), l'expression de l'équation de la trajectoire du solide si l'origine des instants est l'instant d'arrivée au point C. Conclure.

5.2. Le solide S arrive au point I sur le sol. Calculer la valeur de la vitesse $\vec{V}_I$ d'arrivée au point I ainsi que l'angle α qu'elle fait avec l'axe des abscisses.

Exercice 21

On donne g=10m/s².

Un solide ponctuel de masse m=500g glisse sur un plan AO incliné d'un angle$\alpha=30^0$ par rapport à l'horizontale. On enregistre le mouvement de ce solide pendant des intervalles de temps successifs et égaux θ=50ms. Le document de la fig1 représente cet enregistrement.

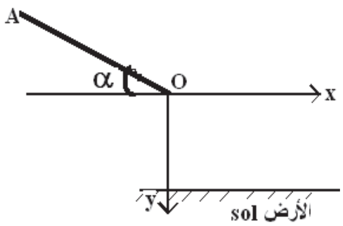


1. Calculer les vitesses aux points $M_2 ; M_3 ; M_4$et M_5 .

2. Calculer les accélérations aux points $M_3 ; M_4$, en déduire la nature de son mouvement.

3. Le mouvement se fait-il avec frottement ? Si la réponse est positive déterminer la valeur de cette force de frottement f.

4. Le solide quitte le plan incliné au point O avec la vitesse $V_0 = 2m.s^{-1}$ et continue son mouvement dans le vide. (voir fig 2)



4.1. Préciser la direction et le sens du vecteur $\vec{V}_O$.

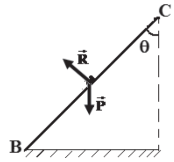
4.2. Etudier le mouvement du solide S et calculer l'équation de sa trajectoire.

4.3. Déterminer les coordonnées du point de chute du solide s'il a mis 0,5s pour effectuer son mouvement dans le vide.

4.4. En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, trouver la vitesse au point de chute.

Corrigé de l'exercice1

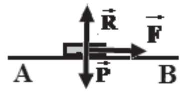
1.1.Calcul de la vitesse V_B .



$$\frac{1}{2}mV_C^2-\frac{1}{2}mV_B^2=-mgBC\cos\theta \Rightarrow V_B=\sqrt{-2gBC\cos\theta}=20m/s$$

1.2.Calcul de F :

$$\frac{1}{2}mV_B^2=FAB \Rightarrow F=\frac{mV_B^2}{2AB}=800N$$



1.3. Nature du mouvement entre B et C

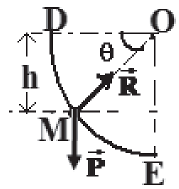
Nature du mouvement : $\sum\vec{F}_{ext}=m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P}+\vec{R}+\vec{f}=m\vec{a}$

par projection sur $A\vec{B}$ on obtient : $-P\cos\alpha=ma \Rightarrow a=-g\cos\theta$ **m.r.u.v**

2.1.1 Expression de V_M En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, on obtient :

$\frac{1}{2}mV_M^2-\frac{1}{2}mV_D^2=mgh$ **avec** $h=r\sin\alpha$ **et**

soit $V_M=\sqrt{V_D^2+2gr\sin\theta}$



Au point E : $V_E=\sqrt{V_D^2+2gr}$ car $\theta_E=\frac{\pi}{2}$ soit $V_E=12m/s$

2.1.2 Expression de la réaction.

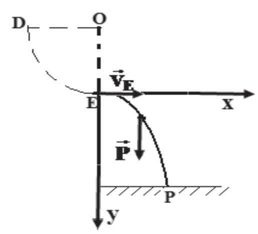
En appliquant la R.F.D, on obtient : $\sum\vec{F}_{ext}=m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P}+\vec{R}=m\vec{a}$

Par projection sur la normale on trouve $-P\sin\alpha+R=ma_n$ **avec** $a_n=\frac{V_M^2}{r}$ **soit**

$$R=3mg\sin\theta+\frac{mV_D^2}{r}$$

2.2.1 Etude du mouvement après E :

Conditions initiales : $E\begin{cases}x_0=0\\y_0=0\end{cases}$ $\vec{V}_E\begin{cases}V_{Ex}=V_E\\V_{Ey}=0\end{cases}$



En appliquant la R.F.D, on obtient :

$\sum\vec{F}_{ext}=m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P}=m\vec{a}$

$$\vec{a}\begin{cases}a_x=0\\a_y=g\end{cases} \Rightarrow \vec{V}\begin{cases}V_x=V_E\\V_y=gt\end{cases} \Rightarrow \overrightarrow{EM}\begin{cases}x=V_Et & (1)\\y=\frac{1}{2}gt^2 & (2)\end{cases}$$

L'équation de la trajectoire :(1) donne $t=\frac{x}{V_E}$ **en remplaçant dans (2), on trouve :** $y=\frac{g}{2V_E^2}x^2=0,035x^2$ **(3)**

2.2.2 L'abscisse du point P : au point y_P=h en remplaçant dans(3),on trouve :

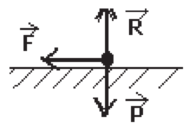
$x_P=V_E\sqrt{2\frac{y_P}{g}}$ avec $y_P=h=5m$ **A.N : x_P=12m**

Corrigé de l'exercice2

1.1. Nature du mouvement du solide S :

D'après l'enregistrement les distances parcourues forment une progression arithmétique de raison $r=10^{-3}$, le mouvement est donc un m. r. u.v d'accélération $a=r/\theta^2$ où $\theta=2.10^{-2}$ s est l'intervalle de temps. Soit $a=2.5m/s^2$.

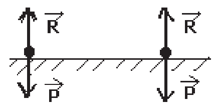
1.2 Calcul de la force F :



$\sum\vec{F}=m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F}=m\vec{a}$

$\Rightarrow$ F=ma A.N : F=0,25N

2.1 La vitesse du solide S au point C :

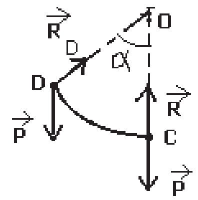


$\Delta E_c=\sum W_{\vec{F}} \Leftrightarrow \Delta E_c=0 \Leftrightarrow V_C=V_B=3m/s.$

2.2 Les caractéristiques de $\vec{V}_D$ et de $\vec{R}_D$:

❖ **Les caractéristiques de $\vec{V}_D$:**

- **Direction : elle fait l'angle α avec l'horizontale.**
- **Sens : vers le haut.**
- **Origine : le point D.**
- **Valeur :**



$\Delta E_c=\sum W_{\vec{F}} \Leftrightarrow E_{cD}-E_{cC}=mgh$ **avec** $h=r(1-\cos\alpha)$

$\Rightarrow V_D=\sqrt{V_C^2-2gr(1-\cos\alpha)}$ **A.N :** $V_D=2m/s$

❖ **Les caractéristiques de $\vec{R}_D$**

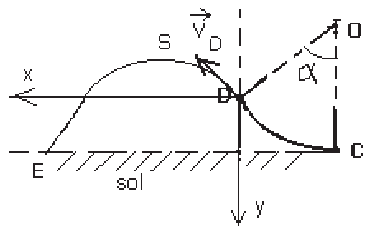
- **Direction : la normale**
- **Sens : centripète**
- **Origine : le point D**
- **Valeur :** $\sum\vec{F}=m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P}+\vec{R}_D=m\vec{a}$

Par projection suivant la normale on obtient :

$R_D - P\cos\alpha = mV_D^2/r$

$R_D= mg(3\cos\alpha -2) +mV_C^2/r$ **A.N :** $R_D=1,3N$

3.1 Etude du mouvement dans le vide :



- **La seule force qui s'exerce est le poids**
- **La RFD :** $\sum\vec{F}_{ext}=m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P}=m\vec{a}$

Par projection :

- **Sur Dx**

$a_x=0 \Rightarrow v_x=v_D\cos\alpha \Rightarrow x=v_D\cos\alpha t$

- **Sur Dy**

$a_y=g \Rightarrow v_y=gt-v_D\sin\alpha \Rightarrow y=\frac{1}{2}gt^2-v_D\sin\alpha t$

Equation de la trajectoire : $t=x/v_0\cos\alpha$

$\Rightarrow y=\frac{1}{2}gx^2/v_D^2\cos^2\alpha - \tan\alpha.x$ **A.N :** $y=5x^2-1,7x$

3.2 Les coordonnées du sommet S de la trajectoire :

Au sommet dy/dx =0 $\Rightarrow x_S = v_0^2\sin\alpha\cos\alpha/g$ A .N : x_S =0,17m

et $y_S = -v_0^2\sin^2\alpha/2g$ y_S =-0,15m

3.3 L'abscisse du point E de chute sur le sol :

L'ordonnée du point E est $y_E = r(1-\cos\alpha)$ en remplaçant dans l'équation de la trajectoire ; on obtient : x_E =0,46m

3.4 Calcul de la vitesse du solide S au point E :

Au point D : $E_D = \frac{1}{2} mV_D^2 + mgr(1-\cos\alpha)$

Au point E : $E_E = \frac{1}{2} mV_E^2$

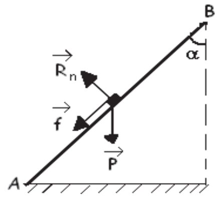
Comme il y'a conservation de l'énergie mécanique, on peut écrire :

$\frac{1}{2} mV_E^2 = \frac{1}{2} mV_D^2 + mgr(1-\cos\alpha) \Rightarrow V_E = \sqrt{2gr(1-\cos\alpha)+V_D^2}$ A.N : V_E=3m/s.

Corrigé de l'exercice3

1. Nature du mouvement :

$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}$



Par projection sur $\vec{AB}$ on obtient : $-P\cos\alpha - f = ma$

$\Rightarrow a = -g\cos\alpha - \frac{g}{4} = -\frac{3}{4}g$ **m.r.u.v A.N : a=-7,5m/s²**

2. Calcul de la vitesse de lancement.

$V_B^2 - V_A^2 = 2a.AB \Rightarrow V_A = \sqrt{-2a.AB}$ **car si V_B=0, V_A est minimale or** $AB = \frac{OD}{\cos\alpha}$

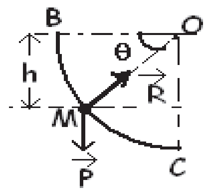
soit $V_A = \sqrt{\frac{3g.OD}{2\cos\alpha}}$ **A.N :V=7,75m/s.**

3.1. Expression de V_M

En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, on obtient :

$\frac{1}{2}mV_M^2 - \frac{1}{2}mV_B^2 = mgh$ **avec** $h = r\sin\alpha$ **et** $V_B = 0$ **soit** $V_M = \sqrt{2gr\sin\alpha} = 3,16m/s$

3.2. Expression de la réaction. En appliquant la R.F.D, on obtient : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$

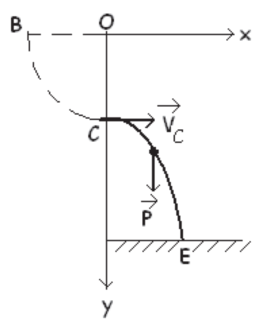


Par projection sur la normale on trouve

-Psinα+R=ma$_n$ avec $a_n = \frac{V_M^2}{r}$ **soit** $R = 3mg\sin\alpha$ **A.N : R=3N**

4. Caractéristiques du vecteur $\vec{V}_C$ **:**

$\vec{V}_C \begin{cases} \text{-direction: horizontale Ox} \\ \text{-sens:celui de } \vec{Ox} \\ \text{-origine: lepointC} \\ \text{-module:} V_C = \sqrt{2gr} = 4,5m/s \end{cases}$



5.1 Conditions initiales

$C\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = OC = r \end{cases}$ $\vec{V}_C \begin{cases} V_{Cx} = V_C \\ V_{Cy} = 0 \end{cases}$

En appliquant la R.F.D, on obtient :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} = m\vec{a}$$

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = g \end{cases} \Rightarrow \vec{V}\begin{cases} V_x = V_C \\ V_y = gt \end{cases} \Rightarrow \vec{OM}\begin{cases} x = V_C t & (1) \\ y = \frac{1}{2}gt^2 + r & (2) \end{cases}$$

L'équation de la trajectoire :(1) donne $t = \frac{x}{V_C}$ **en remplaçant dans (2), on trouve :** $y = \frac{g}{2V_C^2}x^2 + r \quad (3)$

5.2 L'abscisse du point E :

Au point E , on a y_E=OD=2r en remplaçant dans(3), on trouve :

$x_E = \sqrt{2r\frac{V_C^2}{g}}$ **A.N :x_E=2m**

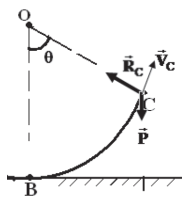
Corrigé de l'exercice4

1. La nature du mouvement

- **La RFD** $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$
- **Projection sur l'axe x'x :** $0 + 0 = ma \Rightarrow a = 0$

Donc le mouvement est rectiligne uniforme.

Calcul de la vitesse V_A :



$x = V_A t + x_0 \Rightarrow V_A = \frac{x - x_0}{t}$ **A.N : V_A = 7m/s**

2.1. Caractéristiques de $\vec{V}_C$:

- **Direction : elle fait l'angle θ avec l'horizontale.**
- **Sens : vers le haut.**
- **Origine : le point C.**
- **Valeur :** $\Delta E_c = \sum W_{\vec{F}}$ $\Leftrightarrow$ **$E_{cC} - E_{cB}$ = - mgh avec h=r(1-cosα)**

$\Rightarrow V_C = \sqrt{V_B^2 - 2gr(1 - \cos\theta)}$ **A.N :** $V_C = 6m/s$

2.2. Expression de R_C

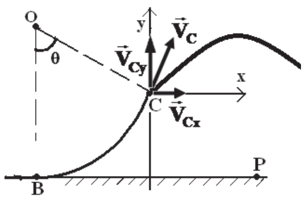
$\Sigma\vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R}_C = m\vec{a}$

Par projection sur la normale, on obtient :

$-mg\cos\theta + R_C = m\frac{V_C^2}{r}$ $\quad R_C = m(g\cos\theta + \frac{V_C^2}{r})$ **A.N :** $R_C = 5,5N$

3.1. Etude du mouvement du solide S dans le vide :

- **La seule force qui s'exerce est le poids**
- **La RFD :** $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} = m\vec{a}$



En projetant a suivant les axes :

- **Sur Cx** $a_x = 0 \quad V_x = V_C\cos\theta \quad x = V_C\cos\theta t \quad (1)$
- **Sur Cy** $a_y = -g \quad V_y = -gt + V_C\sin\theta \quad y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_C\sin\theta t \quad (2)$

Equation de la trajectoire :

(1) $\Rightarrow t = x/v_0\cos\theta \Rightarrow y = -\frac{1}{2}gx^2/V_C^2\cos^2\theta + \tan\theta.x$ **A.N : y=-0,56x²+1,7x**

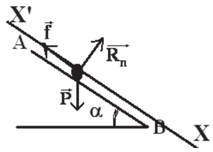
3.2. Les coordonnées du sommet S de la trajectoire :
Au sommet dy/dx =0 $\Rightarrow x_S = V_C^2\sin\theta\cos\theta/g$
A .N : x_S =1,56m
et $y_S = v_0^2\sin^2\theta/2g$ y_S =1,35m
La vitesse au point S : $V_S=V_x= V_C\cos\theta$=3m/s
3.3. Durée du mouvement :
$Y=-r(1-\cos\theta)= -\frac{1}{2} gt^2 + V_C\sin\theta t \Leftrightarrow -5t^2+5{,}16t+0{,}65=0$ $\sqrt{\Delta}=6{,}3$ soit $t=1{,}14s$

Corrigé de l'exercice5

1.1. L'expression de l'accélération a_1 si f n'est pas négligeable:

$$\sum\vec{F}_{ext}=m\vec{a}_1 \Leftrightarrow \vec{P}+\vec{R}+\vec{f}=m\vec{a}_1$$

par projection sur $\overline{X'X}$ on obtient :



$$-f+P\sin\alpha=ma_1 \Rightarrow a_1=g\sin\alpha-\frac{f}{m}$$

1.2. Comme a=cte

$$\Rightarrow m.r.u.v \Rightarrow x=\frac{1}{2}a_1t^2+\underbrace{v_0}_{0}t+\underbrace{x_0}_{0} \text{ soit } x=\frac{1}{2}a_1t^2$$

1.3. Déduction de l'accélération a_2 si f est négligeable:
Si f=0 l'expression de a_1 devient : $a_1=g\sin\alpha=5m/s^2$

2.1. Montrons que les distances parcourues pendant les intervalles de temps forment une suite arithmétique de raison r :
Les distances parcourues pendant τ sont :
d_1=8,5mm; d_2=33,5-8,5=25mm ;
d_3=75-33,5=41,5mm ; d_4=133-75=58mm ; d_5=207,133=74,5mm ;
La raison : $d_2- d_1$=16,5mm ; $d_3- d_2$=16,5mm ; d_4-d_3=16,5mm ; $d_5- d_4$=16,5mm.
Donc ces distantes forment une suite arithmétique de raison r=16,5mm.
Déduisons a_2 : $r=a\tau^2 \Rightarrow$ $a_2=\frac{r}{\tau^2}=4{,}58m/s^2$

2.2. Comme $a_2 < a_1$ il y'a frottement.
La valeur de f :

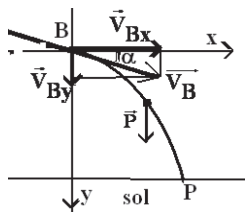
$a_2=-\frac{f}{m}+g\sin\alpha \Rightarrow f=mg\sin\alpha-ma_2$ **Soit : f=0,21N.**

3. Calcul de V :

$$V=a_2t=3a_2\tau=0{,}82m/s$$

4.1 Les équations horaires du mouvement à partir du point B :
Conditions initiales :

$$B\begin{cases}x_0=x_B=0\\ y_0=y_B=0\end{cases} \qquad \vec{V}_B\begin{cases}V_{Bx}=V_B\cos\alpha\\ V_{By}=V_B\sin\alpha\end{cases}$$



En appliquant la R.F.D, on obtient :

$$\sum\vec{F}_{ext}=m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P}=m\vec{a}$$

$$\vec{a}\begin{cases}a_x=0\\ a_y=g\end{cases} \Rightarrow \vec{V}\begin{cases}V_x=V_B\cos\alpha\\ V_y=gt+V_B\sin\alpha\end{cases} \Rightarrow \overrightarrow{BM}\begin{cases}x=V_B\cos\alpha t & (1)\\ y=\frac{1}{2}gt^2+V_B\sin\alpha t & (2)\end{cases}$$

soit $\overrightarrow{BM}\begin{cases} x=0,87t & (1) \\ y = 5t^2 + 0,5t & (2) \end{cases}$

L'équation de la trajectoire :

L'équation (1) donne : $t = \dfrac{x}{V_B \cos\alpha}$

En remplaçant dans (2), on trouve l'équation de la trajectoire :

$y = \dfrac{g}{2V_B^2 \cos^2\alpha} x^2 + x\tan\alpha$ **Soit** $y = 6,67x^2 + 0,58x \quad (3)$

4.2. Calcul de l'abscisse du point de chute P :

L'équation (3) donne :

$y_P = 6,67x^2 + 0,58x$ **or** $y_P = h = 2 \Leftrightarrow 6,68x^2 + 0,58x - 2 = 0$

$\Delta = (7,32)^2$ **Soit** $x_P \approx 0,6m$

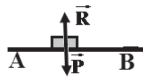
4.3. Calcul de la vitesse V_P:

Par application du théorème de l'énergie cinétique entre B et P, on trouve :

$\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}} \Leftrightarrow E_{C_P} - E_{C_B} = W_{\vec{P}} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mV_P^2 - \frac{1}{2}mV_B^2 = mgh \Rightarrow V_P = \sqrt{V_B^2 + 2gh}$ **Soit** $V_P = 6,4m/s$

Corrigé de l'exercice6

1.1 Nature du mouvement sur AB :

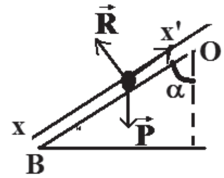


$\sum\vec{F} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$

On projette suivant $\overrightarrow{AB}$

0+0=ma$\Rightarrow$ a=0 m.r.u

1.2 L'expression de l'accélération a :



$\sum\vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$

par projection sur $\overrightarrow{xx'}$ **on obtient :**

$-P\cos\alpha = ma \Rightarrow a = -g\cos\alpha$

1.3 La valeur minimale de la vitesse :

$\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}} \Leftrightarrow E_{C_O} - E_{C_B} = W_{\vec{P}} \Leftrightarrow 0 - \frac{1}{2}mV_B^2 = -mgh \Rightarrow V_A = \sqrt{2gh}$

car $V_B = V_A$ comme $h = L\cos\alpha$; il vient $V_A = \sqrt{2gL\cos\alpha} = 6m/s$

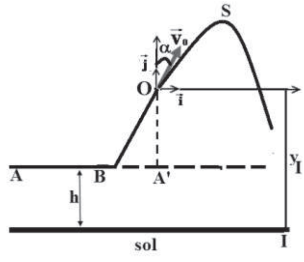
2. Calcul de V_A

$\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}} \Leftrightarrow E_{C_0} - E_{C_B} = W_{\vec{P}} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mV_0^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = -mgh$

Soit $V_A = \sqrt{V_0^2 + 2gL\cos\alpha} = 10m/s$

3.1. L'équation de la trajectoire :

Conditions initiales :



$O\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases}$ et $\vec{V}_0\begin{cases} V_{0x} = V_0 \sin\alpha \\ V_{0y} = V_0 \cos\alpha \end{cases}$

En appliquant la R.F.D, on obtient :

$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} = m\vec{a}$

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \Rightarrow \vec{V}\begin{cases} V_x = V_0 \sin\alpha \\ V_y = -gt + V_0\cos\alpha \end{cases} \Rightarrow \overrightarrow{OM}\begin{cases} x = V_0 \sin\alpha t & (1) \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0\cos\alpha t & (2) \end{cases}$$

L'équation de la trajectoire : L'équation (1) donne : $t = \frac{x}{V_0 \sin\alpha}$

en remplaçant dans (2), on trouve l'équation de la trajectoire :

$y = -\frac{g}{2V_0^2 \sin^2\alpha}x^2 + x\cot an\alpha$ Soit $y = -0,1x^2 + 0,58x$

3.2. Les coordonnées de I

Y_I= - A'O - h= -OBcosα-h= -3

On remplace dans l'équation de la trajectoire :

$-3 = -0,1x^2 + 0,58x \Leftrightarrow -0,1x^2 + 0,58x + 3 = 0$

$\Delta = 0,58^2 + 4.0,1.3 \approx 1,24^2$

Soit x_I=9,1m d'où I(9,1 ; - 3)

3.3. La durée de la chute

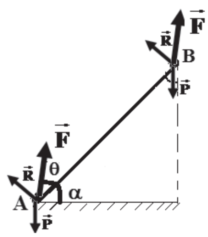
$t_I = \frac{x_I}{V_0 \sin\alpha} = \frac{9,1}{8.0,87} = 1,3s$

3.4. Les coordonnées de S

Au point S V_{Sy}=0 soit $t_S = \frac{V_0\cos\alpha}{g} = 0,4s$

$$\text{soit } S\begin{cases} x = 8.0,87.0,4 = 2,78m \\ y = -5.0,4^2 + 8.0,5.0,4 = 0,8m \end{cases}$$

Corrigé de l'exercice7



1.1. Calcul de F :

$\frac{1}{2}mV_B^2 = -mgAB\sin\alpha + FAB\cos\theta$

$\Rightarrow F = \frac{mV_B^2 + 2mgAB\sin\alpha}{2AB} = 1,125N$

1.2. Nature du mouvement entre A et B

Nature du mouvement : $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$

$\Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m\vec{a}$

par projection sur $\overrightarrow{AB}$ on obtient :

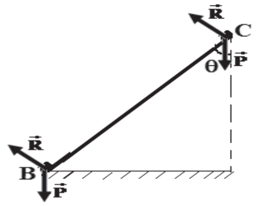
$-P\sin\alpha + F\cos\theta = ma \Rightarrow a = \frac{-P\sin\alpha + F\cos\theta}{m} = 4m/s^2$ m.r.u.v

1.3.Nature du mouvement :

$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$

par projection sur $\overrightarrow{AB}$ on obtient : $-P\sin\alpha = ma \Rightarrow a = -g\sin\alpha = -5m/s^2$

Expression de V_C En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, on obtient :



$\frac{1}{2}mV_C^2 - \frac{1}{2}mV_B^2 = -mgh$ **avec** $h = BC\sin\alpha$

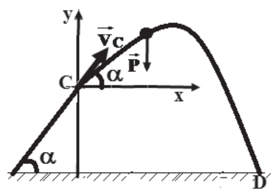
Soit $V_C = \sqrt{V_B^2 - 2gBC\sin\alpha} = 3m/s$

2.1. Etude du mouvement après C:

Conditions initiales :

$$C\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases} \vec{V}_C\begin{cases} V_{Cx} = V_C\cos\alpha \\ V_{Cy} = V_C\sin\alpha \end{cases}$$

En appliquant la R.F.D, on obtient :



$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} = m\vec{a}$$

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \Rightarrow \vec{V}\begin{cases} V_x = V_C\cos\alpha \\ V_y = -gt + V_C\sin\alpha \end{cases}$$

$$\Rightarrow \overrightarrow{CM}\begin{cases} x = V_C\cos\alpha t \quad (1) \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_C c\sin\alpha t \quad (2) \end{cases}$$

L'équation de la trajectoire :(1) donne $t = \frac{x}{V_C\cos\alpha}$ **en remplaçant dans (2), on trouve :** $y = -\frac{g}{2V_C^2\cos^2\alpha}x^2 + x.\tan\alpha \simeq -0,74x^2 + 0,58x \quad (3)$

2.2. 1.Les coordonnées du point D:

Au point D : y_D=- h= - AC.sinα=-1,35m en remplaçant dans(3), on trouve :

$$-0,74x^2 + 0,58x = -1,35 \Leftrightarrow -0,74x^2 + 0,58x + 1,35 = 0$$

$$\Delta = 0,33 + 4x0,74x1,35 = 3,29 \Leftrightarrow \sqrt{\Delta} = 2,08 \text{ soit } x_D = \frac{-0,58 - 2,08}{2(-0,74)} \simeq 1,8m$$

2.2. 2. Calcul de V_D

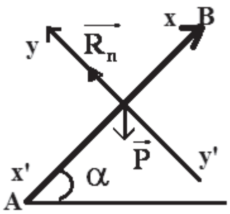
$\frac{1}{2}mV_D^2 - \frac{1}{2}mV_C^2 = mgh$ **avec** $h = AC\sin\alpha = -y_D = 1,35m$

Soit $V_D = \sqrt{V_C^2 + 2gAC\sin\alpha} = 6m/s$ **Comme V_D> 5m/s le jouet sera brisé**

Corrigé de l'exercice8

1.1. L'expression de l'accélération a_1 si f n'est pas négligeable:

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$$



par projection sur $\overrightarrow{X'X}$ on obtient :

$$-P\sin\alpha = ma \Rightarrow$$
$$a = -g\sin\alpha = -5m/s^2$$

1.2. Calcul de V_B

$$\Rightarrow \text{m.r.u.v } V_B^2 - V_A^2 = 2a(x_B - x_A) \Rightarrow V_B = \sqrt{V_A^2 + 2a(AB)} = 3m/s$$

ou bien $V_B = \sqrt{V_A^2 - 2g\sin\alpha(AB)} = 3m/s$

1.3. Calcul du temps

$$V_B = at_B + V_A \Rightarrow t_B = \frac{V_B - V_A}{a} = 0,2s$$

2.1. Calcul de la force f:

Par application du théorème de l'énergie cinétique entre A et B, on trouve :

$$\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}} \Leftrightarrow E_{C_B} - E_{C_A} = W_{\vec{P}} + W_{\vec{R}} + W_{\vec{f}}$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = -mgh - fAB \Rightarrow fAB = -mgh - \frac{1}{2}mV_B^2 + \frac{1}{2}mV_A^2$$

$$\text{avec } h = AB\sin\alpha \Leftrightarrow f = -mg\sin\alpha + \frac{m(V_A^2 - V_B^2)}{2AB} = 1,43N$$

2.2. Calcul de R_n

Par projection sur y'y

$R_n - P\cos\alpha = 0 \Leftrightarrow R_n = P\cos\alpha = 0,4x10x0,87 = 3,48N$ **Calcul de R**

$$R = \sqrt{R_n^2 + f^2} = 3,76N$$

3.1 Les équations horaires du mouvement à partir du point B :

Conditions initiales :

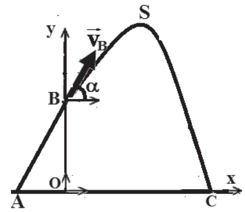
$$B\begin{cases} x_0 = x_B = 0 \\ y_0 = y_B = OB = AB\sin\alpha \end{cases} \qquad \vec{V}_B\begin{cases} V_{Bx} = V_B\cos\alpha \\ V_{By} = V_B\sin\alpha \end{cases}$$

En appliquant la R.F.D, on obtient :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} = m\vec{a}$$

$$\vec{a}\begin{cases}a_x=0\\a_y=-g\end{cases}\Rightarrow\ \vec{V}\begin{cases}V_x=V_B\cos\alpha\\V_y=-gt+V_B\sin\alpha\end{cases}$$

$$\Rightarrow\overrightarrow{BM}\begin{cases}x=V_B\cos\alpha t & (1)\\y=-\frac{1}{2}gt^2+V_B\sin\alpha t+AB\sin\alpha & (2)\end{cases}$$



L'équation de la trajectoire :

L'équation (1) donne : $t=\frac{x}{V_B\cos\alpha}$

en remplaçant dans (2), on trouve l'équation de la trajectoire :

$$y=-\frac{g}{2V_B^2\cos^2\alpha}x^2+x\tan\alpha+AB\sin\alpha$$

Soit y= -1,67x² +0,58x +0,35

3.2. Les coordonnées du sommet S

Au point S : V_{Sy}=0

$$V_{Sy}=0\Leftrightarrow t_S=\frac{V_B\sin\alpha}{g}=0,1s$$

Calcul de x_S

$$x_S=V_B\cos\alpha t_S=2x0,87x0,1=0,17m$$

Calcul de y_S

Soit on remplace t_S dans l'équation (2)

y_S= -5(0,1)² + 2x0,5x(0,5)+0,35=0,4m

Soit on remplace x_S dans l'équation (3)

y_S= -1,67(0,17)² +0,58x0,17 +0,35=0,4m

3.3. Calcul de l'abscisse du point de chute C :

y_C=0 L'équation (3) donne :

$$-1,67x^2+0,58x+0,35=0$$

$$\Delta=0,58^2+4x1,67x0,35=2,67 \text{ soit } \sqrt{\Delta}=1,64$$

$$x_C=\frac{-0,58-1,63}{2(-1,67)}=0,66m$$

3.4. Calcul de la vitesse V_C:

Par application du théorème de l'énergie cinétique entre B et C, on trouve :

$$\Delta E_C=\sum W_{\vec{F}}\Leftrightarrow E_{C_C}-E_{C_B}=W_{\vec{P}}$$

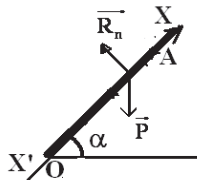
$$\Leftrightarrow\frac{1}{2}mV_C^2-\frac{1}{2}mV_B^2=mgh\Rightarrow V_C=\sqrt{V_B^2+2gh}\ \text{ avec } h=OB=AB\sin\alpha$$

Soit V_C=3,32m/s.

Corrigé de l'exercice9

1.1. L'expression de l'accélération a si f n'est pas négligeable:

$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$



par projection sur $\overrightarrow{OA}$ on obtient:

$-P\sin\alpha = ma \Rightarrow a = -g\sin\alpha = cte \Rightarrow$ m.r.u.v

1.2. La relation théorique entre V^2 et x:

$V^2 - V_0^2 = 2ax = -2g\sin\alpha.x \Rightarrow V^2 = -2g\sin\alpha.x + V_0^2$

1.3.1. D'après le graphe $V^2 = 10x + 9$

Par identification entre les expressions théorique et graphique :

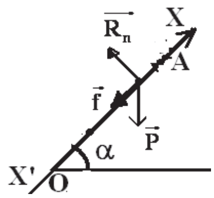
$-10 = -2g\sin\alpha \Rightarrow \sin\alpha = \frac{10}{2g} = 0,5$ soit $\alpha = 30°$

1.3.2. La valeur de la vitesse initiale :

$V_0^2 = 9 \Leftrightarrow V_0 = 3m/s$

2.1. Calcul de la nouvelle accélération :

$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}' \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}'$



par projection sur $\overrightarrow{OA}$ on obtient

$a' = -\frac{f}{m} - g\sin\alpha$

2.2. En appliquant le théorème

$\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}}$

$E_C - E_0 = W_{\vec{P}} + W_{\vec{f}} + \underbrace{W_{\vec{R}_n}}_{0}$

$E_{C_A} - \frac{1}{2}mV_0^2 = -mgx\sin\alpha - fx \Rightarrow f = -mg\sin\alpha - \frac{E_{C_A}}{x} + \frac{1}{2x}mV_0^2 = 0,125N$

3.1. Les équations horaires du mouvement à partir du point A :

Conditions initiales :

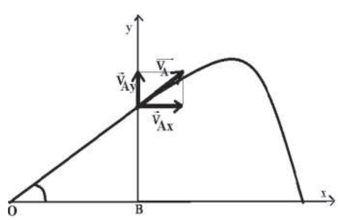
$A\begin{cases} x_0 = x_A = 0 \\ y_0 = yA = AB = x\sin\alpha \end{cases} \quad \vec{V}_A\begin{cases} V_{Ax} = V_A\cos\alpha \\ V_{Ay} = V_A\sin\alpha \end{cases}$

En appliquant la R.F.D, on obtient :

$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} = m\vec{a}$

$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \Rightarrow \vec{V}\begin{cases} V_x = V_A\cos\alpha \\ V_y = -gt + V_A\sin\alpha \end{cases} \Rightarrow \overrightarrow{AM}\begin{cases} x = V_A\cos\alpha t & (1) \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_A\sin\alpha t + AB & (2) \end{cases}$

L'équation de la trajectoire



$(1) \Rightarrow t = \frac{x}{V_A\cos\alpha}$

On remplac et dans y soit $y = -\frac{g}{2V_A^2\cos^2\alpha}x^2 + \tan\alpha x + AB$

Or $V_A = \sqrt{\frac{2E_{CA}}{m}} = \sqrt{\frac{2x0,2}{0,1}} = 2m/s$

soit $y = -\frac{10}{2x4x\frac{3}{4}}x^2 + 0,58x + 0.2 = -1,67x^2 + 0,58x + 0.2$

3.2. Calcul des cordonnées du point de chute C :

L'équation (2) donne :

or y_C=0 $-1,67x^2 + 0,58x + 0.2 = 0$

$\Leftrightarrow 5t^2 + 0,24t - 2 = 0$

Δ=1,29 soit $x = \frac{-0,58 + 1,29}{2x1,67} = 0.21m$

Corrigé de l'exercice10

1.1 Expression de E en fonction de T et x

$\Delta E = \sum \vec{F}_{ext} \Leftrightarrow \Delta E = W_{\vec{T}} + W_{\vec{R}}$

$\Leftrightarrow E(x) - E(0) = T.x \Leftrightarrow E(x) = T.x$

1.2 Calcul de T

L'énergie mécanique est représentée par une droite dont le coefficient directeur correspond à la tension T ; numériquement T=150N.

2.1. Expression de E_{PP} en fonction de x

E_{PP} (x)=mgz +E_{P0} avec E_{P0}=0 et z=xsinα d'où E_{PP} (x)=mgxsinα soit E_{PP}(x)=24,5x

Expression de E_C en fonction de x

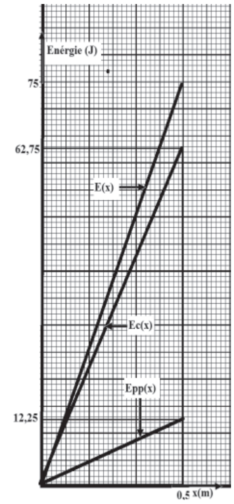
E (x)= E_C(x) +E_{PP}(x)

$\Rightarrow$ E_C(x) = E (x) - E_{PP}(x)

avec E (x)= 150x et E_{PP}(x)=24,5x

soit E_C(x) =125,5x

2.2. Voir schéma ci-dessous.



3. Montrons que l'énergie mécanique est constante
Appliquons le TEM au système (solide-terre) entre A et M

$\Delta E = \sum \vec{F}_{ext} \Leftrightarrow \Delta E = W_{\vec{R}}$

$\Leftrightarrow E(M) - E(A) = 0 \Leftrightarrow E(M) = E(A) = cte$

Donc le système conservatif
4. Calcul de la distance AB

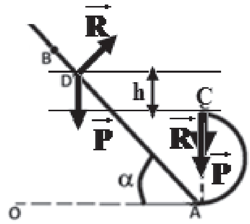
E(B) = E(A) avec E(A) =75J car x_A=0,5m et E(B)=$mgx_B\sin\alpha$ soit

$$x_B = \frac{E(A)}{mg\sin\alpha} = 3,06m$$

AB= $x_B - x_A$ avec x_A=0,5m soit AB=2,56m

Corrigé de l'exercice11

1.1. Expression de V_C en fonction de r, L, g et α



$$\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}}$$

$$E_C - E_D = W_{\vec{P}} = \frac{1}{2}mV_C^2 = mgh = mg(L\sin\alpha - 2r)$$

$$\Rightarrow V_C = \sqrt{2g(L\sin\alpha - 2r)}$$

1.2. Expression de R

$\Sigma\vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$

Par projection sur la normale, on obtient :

$$mg + R = m\frac{V_C^2}{r} \Rightarrow R = \frac{2gm(L\sin\alpha - 2r)}{r} - mg$$

$$\Leftrightarrow \quad R = \frac{2mgL\sin\alpha}{r} - 5mg$$

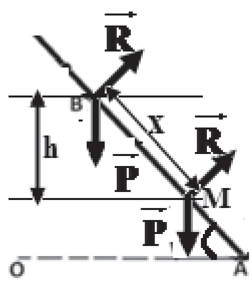
1.3. La valeur de L pour que le mobile quitte la piste

$$R = 0$$

$$\Rightarrow \frac{2mgL\sin\alpha}{r} - 5mg = 0$$

$$L = \frac{5r}{2\sin\alpha} = \frac{5x0,5}{2x0,25} = 5m$$

2.1. Expression de Ec(M) en fonction de Ec(B),m, g, f et x



$$\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}} = mgx\sin\alpha - fx$$

$$\Leftrightarrow E_C(M) - E_C(B) = (mg\sin\alpha - f)x$$

$$\Rightarrow E_C(M) = (mg\sin\alpha - f)x + E_C(B) = (mg\sin\alpha - f)x + \frac{1}{2}mV_B^2$$

2.2. Déduction des valeurs de f et de V_B

Détermination de l'équation de la droite à partir du diagramme

Si x=0 E_C =0,5J soit b=0,5

Si x=1 ; E_C =0,75J a=0,25

Donc E_C =0,25 x + 0,5

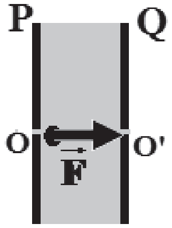
Par identification entre les deux expressions de E_c(M), on obtient :

$$(mg\sin\alpha - f) = 0,25 \Rightarrow f = mg\sin\alpha - 25 = 0,375N$$

$$\frac{1}{2}mV_B^2 = 0,5 \Rightarrow V_B = \sqrt{\frac{2x0,5}{m}} = 2m/s$$

Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique uniforme.

1. Cas où $\vec{V}_0$ est nulle ou parallèle à $\vec{F}$



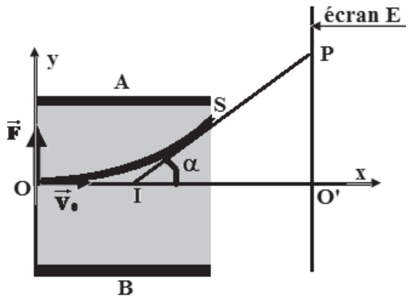
- **Nature du mouvement**

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \Leftrightarrow \text{m.r.u.v}$$

- **Vitesse au point de sortie O'**

$$\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mV^2 - \frac{1}{2}mV_0^2 = |q|U \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2|q|U}{m} + V_0^2}$$

2. Cas où $\vec{V}$ est non parallèle à $\vec{F}$



- **Equation de la trajectoire :** $Y = \dfrac{qEx^2}{2mV_0^2}$

  Coordonnées du point de sortie S:
  $x_s = l$;
  $Y = \dfrac{qEl^2}{2mV_0^2}$

- **Expression de V_S:**

  $V_S = \sqrt{\left(\dfrac{qEl}{mV_0}\right)^2 + V_0^2}$

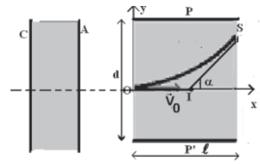
- **Déviation angulaire électrique:**

$$tg\alpha = \left(\frac{dy}{dx}\right)_S \Leftrightarrow tg\alpha = \frac{qEl}{mV_0^2}$$

- **Nature du mouvement à la sortie du champ :**

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \Leftrightarrow \begin{cases} \vec{a} = \vec{0} \\ \vec{V} = \vec{cte} \end{cases} \Leftrightarrow \text{m.r.u}$$

Exercice 1



1. On applique une différence de potentielle U_0=1140V entre une cathode C et une anode A. Un électron est émis sans vitesse initiale par la cathode et arrive sur l'anode avec la vitesse $\vec{V_0}$. Calculer V_0. A.N : e=1,6.10^{-19} C; m=9,1.10^{-31} kg.

2. L'électron pénètre au point O avec la vitesse $\vec{V_0}$ précédente entre les plaques P et P' de longueur *l* distante de d telle que (*l* =d). On applique entre les plaques Pet P' une différence de potentiel U .

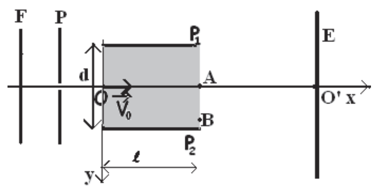
2.1. Déterminer les équations horaires du mouvement de l'électron sur les axes Ox et Oy.

2.2 Donner l'équation de la trajectoire et montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme : $y = \frac{U}{4dU_0}x^2$

3. La tangente à la trajectoire au point S fait un angle α avec l'horizontale tel que tanα=0,4 ; calculer la différence de potentiel U entre les plaques P et P'.

Exercice 2

Des électrons sont émis avec une vitesse initiale négligeable par un filament F chauffé.



1. On établit une tension $U_1 = V_P - V_F$ entre le filament F et une plaque P disposée parallèlement à celui-ci. Il en résulte un champ électrostatique uniforme $\vec{E_1}$ régnant entre F et P. Les électrons arrivent alors en P avec une vitesse $\vec{V_0}$ de module $V_0 = 0,53.10^8$ m/s (voir schéma). Préciser le signe de U_1 et calculer sa valeur.

On donne : $e = 1,6.10^{-19}$C ; $m = 9,1.10^{-31}$kg .

2. La plaque P a un trou qui laisse passer les électrons.
On dispose deux plaques P_1et P_2 perpendiculairement au plan xOy (voir schéma). Les électrons pénètrent entre les plaques en O animés de la vitesse $\vec{V_0}$ parallèle à Ox.
On applique entre P_1 et P_2 une tension $U_2=V_{P2}-V_{P1}$=300V et on donne *l* =6cm et d=1,5cm.

2.1. Déterminer l'équation de la trajectoire du mouvement d'un électron entre P_1 et P_2.

2.2. Quelle est la déviation linéaire AB des électrons à la sortie des plaques ? Quelle est la valeur de la déviation angulaire α ?

2.3. Trouver la nature du mouvement d'un électron après B et déterminer l'équation de sa trajectoire.

2.4. Calculer les coordonnées du point d'impact des électrons sur l'écran E parallèle à (Oy) et placé à 46cm de A.

Exercice 3

Une particule ${}^{4}_{2}He^{2+}$ pénètre dans le champ électrostatique uniforme créé par deux armatures parallèles et horizontales de longueur l=10cm et distante d=6cm. La particule pénètre en un point O équidistant des deux armatures avec une vitesse $V_0=3.10^5$ m/s faisant un angle $\alpha=30°$ avec l'horizontale et dirigée vers le haut.

1. Faire une figure et préciser les charges des armatures pour que la particule soit déviée vers le bas.

2. Etablir l'expression de l'équation cartésienne de la trajectoire entre les armatures. Préciser la nature du mouvement et de la trajectoire.

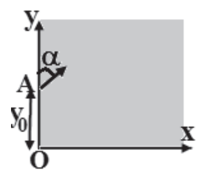
3. Quelle est la valeur minimale U_m de la tension à appliquer entre les armatures pour que la particule sorte du champ. $e=1,6.10^{-19}$C;$m_P=1,67.10^{-27}$kg

4. Déterminer la tension U à appliquer entre les armatures pour que la particule sorte du champ par un point O' se trouvant à la même hauteur que le point O où elle est rentrée.

5. Calculer la tension U_0 accélératrice qui a été nécessaire pour amener la particule à la vitesse $V_0=30^5$ m/s à partir du repos.

Exercice 4

1.Un champ électrique est créé par un condensateur plan constitué de deux plaques parallèles et horizontales P_1 et P_2 très longues reliées à un générateur de tension constante U=250 V et séparées d'une distance d, comme l'indique la figure ci-contre. Tous les électrons pénètrent dans le champ, supposé uniforme, au point A et sont animés de la même vitesse $\vec{v}_0$ faisant l'angle $\alpha=45°$.



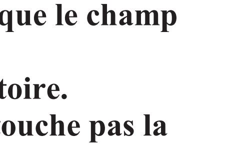
1.1 Montrer, par un calcul, qu'il est légitime de négliger la force de pesanteur par rapport à la force électrique pour l'électron.

**1.2 On veut que le faisceau soit dévié vers le bas.
Reproduire la figure et représenter (sans souci d'échelle) la force qui s'exerce sur la particule à son entrée dans le champ ainsi que le champ électrique et les signes des plaques.**

1.3 Etablir l'expression de l'équation cartésienne de la trajectoire.

1.4 Déterminer la valeur max de y_0 pour que l'électrons ne touche pas la plaque P_1
A. N : $m=9.10^{-31}$kg ; $v_0 = 1.\ 10^7$ m .s^{-1} ; d=0,04m ; $e=1,6.10^{-19}$C.

1.5 Déterminer l'abscisse du point P d'impact de l'électron sur la plaque inferieure si y_0 prend la valeur calculée précédemment.



**2. Une bille homogène de masse m est lancée horizontalement avec une vitesse initiale
v_0 = 14 m .s^{-1}. A l'instant initial, son altitude par rapport au sol est comme l'indique la figure**

2.1 Etablir l'équation cartésienne de la trajectoire.
2.2 Au moment du lancement, la bille est au point A au dessus du sol. Elle touche le sol au point S. Quelle est la valeur de la distance OA si OS=7, 67m.
3. Dans chaque cas, quelle est l'influence de la masse du corps sur :
- La force subie par ce corps ?
- L'accélération du mouvement ?

Exercice 5

1. On se propose de déterminer la vitesse d'éjection des particules $^{4}_{2}He^{2+}$ (ou noyaux d'hélium) émis par le radium.
On place la substance en S au fond d'un cylindre creux en plomb d'axe x'x et on admettra que les particules émises sortent du cylindre avec un vecteur vitesse $\vec{V}_0$ parallèle à l'axe x'x.

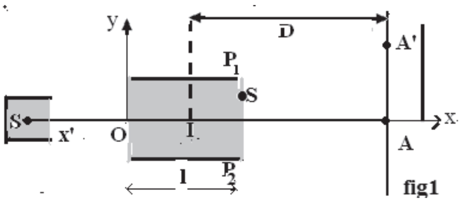


fig1

Le faisceau pénètre en O dans l'espace vide d'aire entre deux plaques horizontales P_1 et P_2 d'un condensateur dont la distance est d=10cm et la longueur *l*=15cm. En l'absence de champ électrique entre les plaques on observe, une tache en A, sur une plaque photographique disposée perpendiculairement à x'x à une distance D du centre des plaques.
On crée un champ électrique uniforme en appliquant entre P_1 et P_2 une différence de potentiel constante $U=2{,}05.10^{3}$ V. On constate que la tache se forme en A'.

1.1. Le champ électrique créé $\vec{E}$ va-t-il de P_1 vers P_2 ou de P_2 vers P_1 ?
1.2. Etudier le mouvement d'une particule entre les plaques du condensateur dans le repère (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$) : équation et nature de la trajectoire.
1.3. Que devient ce mouvement lorsque la particule n'est plus soumise au champ électrique $\vec{E}$?
1.4. Déterminer la vitesse d'éjection V_0 des particules si la mesure de la déviation linéaire $AA'=17{,}4.10^{-2}$m.
1.5. Déterminer alors l'instant d'arrivée au point S et calculer les composantes du vecteur $\vec{V}_S$; déduire la valeur de V_S. Montrer que l'angle α que fait ce vecteur avec l'horizontale est de 30° environ.
2. On supprime l'écran, et on le remplace par un condensateur constitué de deux armatures horizontales A et B. Le mouvement du faisceau de particules est maintenant étudié lorsqu'il pénètre après sa sortie du premier champ $\vec{E}$ dans le condensateur à la vitesse de valeur V_S dont la direction fait l'angle α avec l'horizontale (voire la figure 2).

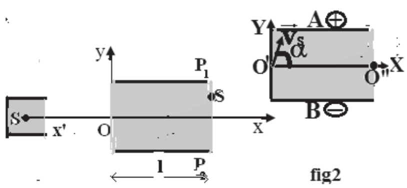
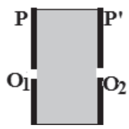


fig2

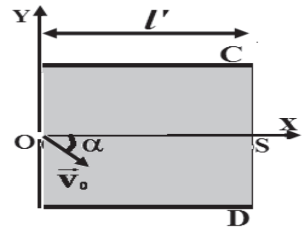
La longueur de l'armature est l' = 10 cm ; la distance les séparant est d' = 4 cm ; la tension entre les armatures est U'.
2.1. Etablir les équations horaires du mouvement entre les armatures du condensateur et établir l'expression de l'équation de la trajectoire entre les armatures du condensateur dans le repère $(O'XY)$.
2.2. Déterminer la valeur de U' pour que le faisceau sorte des armatures au point O''.On donne : $e=1,6.10^{-19}$C, D=30cm et $m_P=1,67.10^{-27}$kg

Exercice 6

On étudie le mouvement des ions ${}^{6}_{3}Li^{+}$ dans différents champs électriques et magnétique.



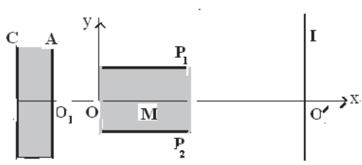
1. Dans une première expérience les ions pénètrent au point O_1 sans vitesse initiale dans un champ électrique $\vec{E}_0$ crée entre deux plaques P et P' et sont accélérés par une tension $U_0=U_{PP'}=1252,5V$.
Montrer que la valeur de la vitesse V_0des ions au point O_2 est $V_0=2.10^5$m/s.
On donne : $e=1,6.10^{-19}$C; $m_n= m_P=1,67.10^{-27}$kg.



2. Dans une troisième expérience l'ion entre avec une vitesse de valeur V_0 dans un champ électrique $\vec{E}$ crée entre les armatures C et D d'un condensateur plan.
Soit l' la longueur de ces armatures et d leur écartement.
3.1. La vitesse $\vec{V}_0$ est contenue dans le plan $(O,\vec{i},\vec{j})$ et fait un angle α=15° avec Ox. Déterminer le sens de la force électrique pour que les ions passent par le point S.
3.2. Etablir l'expression de l'équation de la trajectoire des ions entre les armatures C et D.
3.3. Calculer alors la valeur de V_0. On donne : $E=2,5.10^4$V/m etl'=20cm
3.4. Déterminer la distance d entre les armatures C et D si la distance minimale séparant la trajectoire de l'ion et la plaque inferieure est 0,8cm et si le point O est équidistant des armatures.

Exercice 7

1° Un faisceau d'électrons est émis dans le vide avec une vitesse initiale négligeable par une cathode C et est accéléré par une tension U_0 appliquée entre l'anode A et la cathode C . La plaque de l'anode est percée d'un trou O_1 comme l'indique la fig.



a) Exprimer littéralement la vitesse V_1 des électrons lorsqu'ils traversent le trou O_1 et calculer sa vitesse pour U_0 =1000V.

b) Quelle est la nature de leur mouvement après la traversée de O_1 ?

2° Les électrons pénètrent en suite au pt O entre les armatures P_1 et P_2 d'un condensateur plan de longueur l et distantes de d. La tension entre les armatures est $U_{P1P2} = + 100V$.

a) Quelle est la vitesse V_0 des électrons à leur entrée dans le condensateur ?

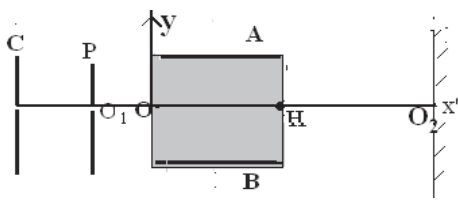
b) Etudier le mouvement des électrons dans le condensateur plan et en déduire l'équation de la trajectoire des électrons On raisonnera dans le repère $(O,\vec{i},\vec{j})$. Représenter sur un schéma la trajectoire des électrons. Vont-ils pouvoir attendre l'écran E sans toucher l'une des plaques P_1P_2 ?

3° A la sortie du condensateur, le faisceau d'électrons arrive sur un écran fluorescent noté E de centre O', situé à la distance L du pt M milieu de OO' (fig) .

Soit I le pt d'impact de ce faisceau sur l'écran. Quelle est la déviation O'I du spot sur l'écran ? A.N: $q=-e=-1{,}6.10^{-19}$ C ;m = $9{,}1.10^{-31}$ kg ; d =2 cm ; l = 6 cm et L = 12 cm.

Exercice 8

La cathode C d'un oscilloscope émet des électrons dont la vitesse à la sortie du métal est négligeable .Ces électrons traverse en suite une anode P, en un pt O_1.



1° On établie une tension $U_0 = V_P - V_C$

a)Déterminer l'expression de la vitesse v_0 des électrons à leur passage en O_1. A .N :U_0=1000V.

b) Quelle est la nature du mouvement des électrons après P.

2° Les électron constituant un faisceau homocinétique, pénètrent au pt O entre les armatures horizontales A et B d'un condensateur plan. Les armatures distantes de d ont une longueur l .

On établit entre ses armatures une tension U_{AB}. On étudie le mouvement entre AB.

a) Déterminer l'expression de la trajectoire dans le repère(O,x,y).

b) Exprimer la condition que doit vérifier U_{AB} pour que les électrons sortent du condensateur.

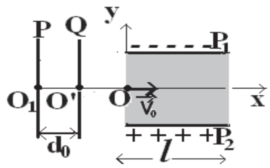
c) On donne d= 2cm, l = 10cm. Faire l'A.N

3° Le faisceau arrive en suite sur un écran fluorescent E situé à la distance L =20cm du centre de symétrie I du condensateur.

Montrer que le faisceau forme un pt lumineux (spot) O_2 au centre de l'écran quand U_{AB} = 0 et déterminer le déplacement Y = O_2M du spot sur l'écran quand U_{AB} =200V.

Exercice 9

Les ions $^{40}Ca^{2+}$ quittent la chambre d'ionisation au point O_1 sans vitesse initiale grâce à un champ électrique $\vec{E}_0$ existant entre deux plaques P et Q telle que $U_0=U_{PQ}=500V$.



1.1 Déterminer le sens du champ $\vec{E}_0$ régnant entre P et Q et calculer sa valeur si $d_0=5cm$.

1.2 Calculer la vitesse V_0 des ions lorsqu'ils arrivent en O'.

2 Sachant qu'il n'existe aucun champ entre O' et O, déterminer la nature du mouvement des ions entre ces deux points.

3 Les ions pénètrent au point O dans un autre champ électrique $\vec{E}$ crée entre deux plaques P_1 et P_2 distantes de d et de longueur *l* chacune.

3.1 Trouver l'équation de la trajectoire dans le repère (O ; x ; y) et préciser sa nature.

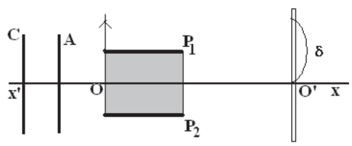
3.2 Déterminer les coordonnées du point de sortie S.

3.3 Déterminer l'instant d'arrivée au point S et calculer les composantes du vecteur $\vec{V}_S$ et en déduire l'angle α que fait ce vecteur avec l'horizontale.

$e=1,6.10^{-19}C$; $l=10cm$; $m_P=1,67.10^{-27}kg$; $E=10^3V/m$.

Exercice 10

On applique une différence de potentielle $U=V_A-V_C=101V$ entre une cathode C et une anode A. Un faisceau d'électrons est émis sans vitesse initiale par la cathode et pénètre au point O dans le champ électrique $\vec{E}$. Ce champ est du à un condensateur plan constitué de deux planques P_1 et P_2 parallèle distante de d=4cm de longueur chacune l=4cm entre les quelles existe une ddp $U_1=V_{P1}-V_{p2}=20V$. L'écran E est placé à L=52cm du point O situé au milieu de la distance séparant les deux plaques.



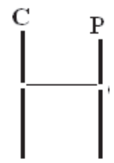
1 Calculer la valeur de sa vitesse $\vec{V}_0$ à son arrivée sur au point O.

2 Etablir l'équation de la trajectoire de l'électron entre les armatures P_1 et P_2.

3 Trouver l'équation de la trajectoire de l'électron après sa sortie du champ et calculer la déviation δ de l'électron sur l'écran.

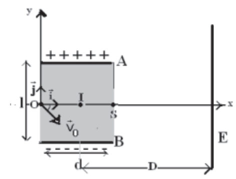
Exercice 11

1° Dans un tube sous vide un électrons est émis sans vitesse initiale par une cathode C et est accéléré par une tension U positive appliquée entre la cathode C et une plaque P.



Calculer l'énergie cinétique de l'électron à son arrivée sur la plaque P. En déduire la valeur de sa vitesse $\vec{V}_0$ à son arrivée sur la plaque P.

2° L'électron pénètre en O avec la vitesse $\vec{V}_0$ dans l'espace séparant les armatures A et B d'un condensateur plan.



Soit d la longueur de ces armatures, l leur écartement, D la distance du centre I du condensateur à un écran fluorescent E et U la tension entre les armatures A et B.

2.1 La vitesse est contenue dans le plan $(O,\vec{i},\vec{j})$ et fait un angle α avec Ox comme l'indique la figure. Etablir l'équation de la trajectoire de l'électron entre les armatures A et B.

2.2 Etablir la relation qui doit lier l'angle α avec les grandeurs U, U', d et l pour que l'électron passe par le point S. Calculer alors la valeur correspondante de l'angle α.

3 L'électron pénètre maintenant dans le condensateur avec une vitesse $\vec{V}_0$ parallèle à $\vec{i}$ de même sens. Un écran vertical est placé à la distance D du point d'intersection I entre la tangente et l'axe Ox. Calculer la déviation y_M sur l'écran. U=1000V;U'=120V;q=-e=-1,6.10^{-19}C;m = 9,1.10^{-31} kg ; d =6 cm ; l = 2 cm ;D = 30 cm

Corrigé de l'exercice1

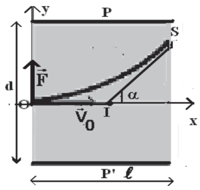
1° Expression de la vitesse V :

$\frac{1}{2} mV_0^2 = eU_0 \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{2eU_0}{m}}$ **A.N : $V_0 = 2.10^7$ m/s**

2.1 Les équations horaires :

Conditions initiales :

$$C\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases} \vec{V}_0 \begin{cases} V_{0x} = V_0 \\ V_{0y} = 0 \end{cases}$$



En appliquant la R.F.D, on obtient :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{F}{m} \end{cases} \Rightarrow \vec{V}\begin{cases} V_x = V_0 \\ V_y = \frac{F}{m}t \end{cases} \Rightarrow \vec{OM}\begin{cases} x = V_0 t & (1) \\ y = \frac{F}{2m}t^2 & (2) \end{cases}$$

2.2 L'équation de la trajectoire :

L'équation (1) donne : $t = \frac{x}{V_0}$

en remplaçant dans (2), on trouve l'équation de la trajectoire :

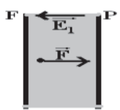
$$y = \frac{F}{2mV_0^2}x^2 = \frac{eU}{2mdV_0^2}x^2 \qquad \Rightarrow y = \frac{U}{4dU_0}x^2$$

3 La valeur de la déviation angulaire :

$\tan\alpha = \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=l} = \frac{U}{2dU_0} l$ **Soit** $\tan\alpha = \frac{U}{2U_0} \Rightarrow U = 2U_0 \tan\alpha$ **car l =d A.N : U = 912V.**

Corrigé de l'exercice2

1.1 Le signe de $U_1 = V_P - V_F$ **:**



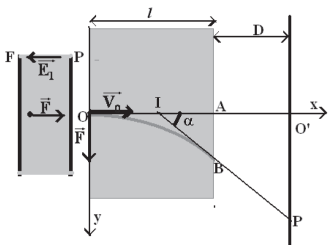
Les électrons se déplacent de F vers P sous l'action de la force électrique $\vec{F}$. Comme q< 0 le champ électrique $\vec{E}_1$ est dirigé de P vers F c'est-à-dire que $V_P > V_F \Rightarrow V_P - V_P > 0 \Leftrightarrow U_1 > 0$

1.2 Calcul de U_1 :

$\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}} \Leftrightarrow \frac{1}{2}mV_0^2 = eU_1 \Rightarrow U_1 = \frac{mV_0^2}{2e}$ **A.N :U_1=8.10^3V**

2.1 L'équation de la trajectoire :

Conditions initiales : $O\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases} \vec{V}_0 \begin{cases} V_{0x} = V_0 \\ V_{0y} = 0 \end{cases}$



En appliquant la R.F.D, on obtient :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{F}{m} \end{cases} \Rightarrow \vec{V}\begin{cases} V_x = V_0 \\ V_y = \frac{F}{m}t \end{cases} \Rightarrow \vec{OM}\begin{cases} x = V_0 t & (1) \\ y = \frac{F}{2m}t^2 & (2) \end{cases}$$

L'équation (1) donne : $t = \frac{x}{V_0}$

en remplaçant dans (2), on trouve l'équation de la trajectoire :

$$y = \frac{F}{2mV_0^2}x^2 = \frac{eU_2}{2mdV_0^2}x^2$$

2.2 La déviation linéaire AB :

AB= $y_B = \frac{eU_2}{2mdV_0^2} x_B^2$ **avec** $x_B = l$ **soit** $y_B = \frac{eU_2}{2mdV_0^2} l^2$ **A.N :** $y_B = 0,23.10^{-2} m$

La valeur de la déviation angulaire :

$$\tan\alpha = \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=l} = \frac{eU_2}{mdV_0^2} l \text{ soit } \alpha = 4,38^o$$

Autre méthode $\tan\alpha = \frac{2AB}{l}$ **soit** $\alpha = 4,38^o$

2.3 Nature du mouvement de l'électron après B :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{0} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \vec{0} \Rightarrow m.r.u$$

L'équation de la trajectoire :

$y = ax + b$ **avec** $\begin{cases} a = \tan\alpha = 0,077 \\ b = y_B - ax_B = -0,23.10^{-2} m \end{cases}$ **d'où** $y = 7,7.10^{-2} x - 0,23.10^{-2} m$

2.4 Les coordonnées du point d'impact P :

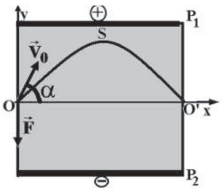
$$P \begin{cases} x_P = l + D = 52.10^{-2} m \\ y_P = (\frac{l}{2} + D)\tan\alpha = 3,77.10^{-2} m \end{cases}$$

Corrigé de l'exercice3

1 Signe des plaques

Les ions sont chargés positivement, ils se déplacent de P_1 vers P_2 sous l'action de la force électrique $\vec{F}$. Les ions sont donc attirés par P_2 qui est chargée négativement ; P_1 est alors chargée positivement.

2 Nature du mouvement



Conditions initiales :

$$O \begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases} \quad \vec{V}_0 \begin{cases} V_{0x} = V_0 \cos\alpha \\ V_{0y} = V_0 \sin\alpha \end{cases}$$

Le PFD (Théorème du centre d'inertie) :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -\frac{F}{m} \end{cases} \quad \vec{V} \begin{cases} V_x = V_0 \cos\alpha \\ V_y = -\frac{F}{m} t + V_0 \sin\alpha \end{cases}$$

$$\overline{OG} \begin{cases} x = (V_0 \cos\alpha)t & (1) \\ y = -\frac{F}{2m} t^2 + (V_0 \sin\alpha)t & (2) \end{cases}$$

L'équation de la trajectoire :

(1) $\Rightarrow$ t= x / ($v_0\cos\alpha$) ; en remplaçant t dans (2), on obtient :

$$y = -\frac{F}{2mV_0^2 \cos^2\alpha} x^2 + x\tan\alpha$$

$$y = -\frac{qU}{2mdV_0^2 \cos^2\alpha} x^2 + x\tan\alpha$$

3. L'ordonnée du point S le plus haut de la trajectoire :
D'après la relation indépendante du temps :

$$V_{Sy}^2 - V_{0y}^2 = 2a_y(y_S - y_0)$$

$$\Rightarrow y_S = \frac{-V_{0y}^2}{2a_y} = \frac{-V_0^2 \sin^2\alpha}{-2\frac{F}{m}} = \frac{mV_0^2 \sin^2\alpha}{2F}$$

Pour que l'électron ne touche pas la plaque il faut que

$$y_S < \frac{d}{2} \Leftrightarrow \frac{mV_0^2 \sin^2\alpha}{2F} < \frac{d}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{mdV_0^2 \sin^2\alpha}{qU} < d \Rightarrow U > \frac{mV_0^2 \sin^2\alpha}{q}$$

$$U > \frac{6,68.10^{-27} x (3.10^5)^2 x \frac{1}{4}}{2x1,6.10^{-19}} \Leftrightarrow U > 469,675V$$

La valeur minimale U_{min} pour que l'électron ne touche pas la plaque P_1
U_m =470V

4. A la sortie du champ y=0 et x=*l*

$$0 = -\frac{qU}{2mdV_0^2 \cos^2\alpha} l^2 + l \tan\alpha$$

$$\Leftrightarrow U = \frac{mdV_0^2 \sin 2\alpha}{ql} = \frac{6,68.10^{-27} x 6.10^{-2} x (3.10^5)^2 x 0,87}{2x1,6.10^{-19} x 0,1} \approx 981V$$

5 La tension accélératrice U_0

$$\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}} \Leftrightarrow \frac{1}{2} mV_0^2 = qU_0$$

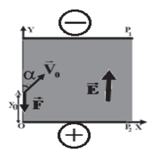
$$U_0 = \frac{mV_0^2}{2q} = \frac{mV_0^2}{4e} = \frac{6,68.10^{-27} x (3.10^5)^2}{4x1,6.10^{-19}} = 939V$$

Corrigé de l'exercice4

1.1 Vérification

P=mg= 9.10^{-30} N. et F=eU/d= 1.10^{-15} N.

$$\frac{F}{P} = \frac{1}{9}.10^{15} \Rightarrow P << F$$



1.2 Signes des plaques :

Les ions étant déviés vers le bas (vers la plaque P_2) la force électrique est dirigée vers le bas.

Comme $q < 0$, $\vec{E}$ est opposé à $\vec{F}$ et $\vec{E}$ est dirigé vers les potentiels décroissants c'est-à-dire de la plaque P_2 qui est chargée positivement vers la plaque P_1 qui est chargée négativement.

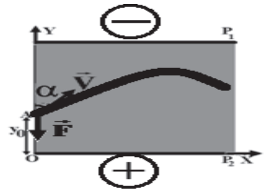
1.3 Etude du mouvement entre P_1 et P_2 :

- **Conditions initiales :**

$$\overline{OA}\begin{cases} x_A = x_0 = 0 \\ y_A = y_0 \end{cases} \quad \text{et} \quad \overline{V_0}\begin{cases} V_{0x} = V_0 \sin\alpha \\ V_{0y} = V_0 \cos\alpha \end{cases}$$

- **Étude dynamique ;**

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$



$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -\frac{F}{m} = \end{cases} \quad \vec{V}\begin{cases} V_x = V_0 \sin\alpha \\ V_y = -\frac{F}{m}t + V_0 \cos\alpha \end{cases}$$

$$\overline{OG}\begin{cases} x = (V_0 \sin\alpha)t & (1) \\ y = -\frac{F}{2m}t^2 + (V_0 \cos\alpha)t + y_0 & (2) \end{cases}$$

L'équation de la trajectoire :

(1) ⇨ $t = x / (v_0 \sin\alpha)$; en remplaçant t dans (2), on obtient :

$$y = -\frac{F}{2mV_0^2 \sin^2\alpha}x^2 + x\cot an\alpha + y_0$$

$$y = -11x^2 + x + y_0$$

1.4 L'ordonnée du point S le plus haut de la trajectoire :

D'après la relation indépendante du temps :

$$V_{Sy}^2 - V_{0y}^2 = 2a_y(y_S - y_0)$$

$$\Rightarrow y_S = \frac{-V_{0y}^2}{2a_y} + y_0 = \frac{-V_0^2 \cos^2\alpha}{-2\frac{F}{m}} + y_0 \Leftrightarrow y_S = \frac{mV_0^2 \cos^2\alpha}{2F} + y_0$$

Pour que l'électron ne touche pas la plaque P_1il faut que

$$y_S < d \Leftrightarrow \frac{mV_0^2 \cos^2\alpha}{2F} + y_0 < d$$

$$\Rightarrow y_0 < d - \frac{mV_0^2 \cos^2\alpha}{2F} \Leftrightarrow y_0 < 4.10^{-2} - \frac{9.10^{-31}.(10^7)^2\frac{1}{2}}{2.10^{-15}} \Leftrightarrow y_0 < 1{,}75.10^{-2}\,m$$

La valeur max pour que l'électron ne touche pas la plaque P_1 est y_0=1,75cm

1.5 L'abscisse du point d'impact P :

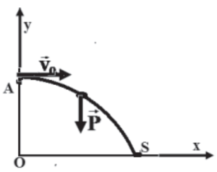
L'ordonnée du point P est nulle

$$0 = -11x^2 + x + 1{,}75.10^{-2}$$

$$\Delta = 1 + 4x1{,}75.10^{-2}x11 = 1{,}77 \quad \text{soit } x_P = 0{,}11m$$

2.1. Les équations horaires du mouvement

Conditions initiales :



$$A\begin{cases} x_0 = x_A = 0 \\ y_0 = y_A \end{cases} \quad \vec{V}_0\begin{cases} V_{0x} = V_0 \\ V_{0y} = 0 \end{cases}$$

En appliquant la R.F.D,on obtient :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} = m\vec{a}$$

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \Rightarrow \vec{V}\begin{cases} V_x = V_0 \\ V_y = -gt \end{cases} \Rightarrow \overline{AM}\begin{cases} x = V_0 t & (1) \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + y_0 & (2) \end{cases}$$

L'équation de la trajectoire :(1) donne $t = \frac{x}{V_0}$ **en remplaçant dans (2), on trouve :** $y = -\frac{g}{2V_0^2}x^2 + y_0 \quad (3)$

2.2. L'abscisse du point S : au point y_S=0 en remplaçant dans(3),on trouve :

$$0 = -\frac{g}{2V_0^2}x^2 + y_0 \Rightarrow y_0 = \frac{g}{2V_0^2}x^2 = \frac{10}{2x14^2}7{,}67^2 = 1{,}5m$$

3. L'influence de la masse :

-sur la force : la masse n'a pas d'influence sur la force électrique car elle est indépendante de la masse par contre le poids est proportionnelle à la masse.

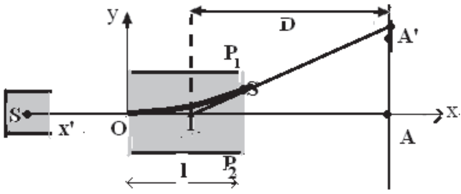
-sur l'accélération : l'accélération du mouvement dans le champ est inversement proportionnelle à la masse par contre l'accélération dans le champ de pesanteur est indépendante de la masse.

Corrigé de l'exercice5

1.1. Détermination du sens du champ $\vec{E}$:

Comme la déviation se fait vers le haut F est dirigé vers le haut et comme q>0 E a le même sens c'est-à-dire de P_2 vers P_1.

1.2. La déviation étant vers le haut, la force $\vec{F}$ est dirigée vers le haut et $\vec{E}$ est dirigée vers le haut car q>0.



Conditions initiales:

$$O\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases} \quad \vec{V}_0 \begin{cases} V_{0x} = V_0 \\ V_{0y} = 0 \end{cases}$$

Le PFD (Théorème du centre d'inertie) :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$

On projette sur Ox

$$0 = ma_x \Rightarrow a_x = 0 \text{ m.r.u } \begin{cases} a_x = 0 \\ V_x = V_0 \\ x = V_0 t (1) \end{cases}$$

On projette sur Oy

$F = ma_y \Rightarrow a_y = F/m$ m.r.u.v

$$\begin{cases} a_y = \frac{F}{m} \\ V_y = \frac{F}{m}t \\ y = \frac{F}{2m}t^2 \quad (2) \end{cases}$$

L'équation de la trajectoire :

(1) $\Rightarrow$ t= x / v_0; en remplaçant t dans (2), on obtient :

$$y = \frac{F}{2mV_0^2}x^2 = \frac{2eU}{2.4m_P dV_0^2}x^2 = \frac{eU}{4m_P dV_0^2}x^2$$

1.3. Lorsque le champ est supprimé, il n'y a plus de force :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{0} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{a} = \vec{0} \text{ m.r.u}$$

1.4. Calcul de la vitesse V_0

$$\tan\alpha = \frac{AA'}{AI} \Rightarrow AA' = AI\tan\alpha = D\tan\alpha$$

$$\text{avec } \tan\alpha = \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=l} = \frac{eUl}{2m_p dV_0^2}$$

$$\Rightarrow AA' = D\frac{eUl}{2m_p dV_0^2} \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{DeUl}{2m_p dAA'}} = 5.10^5\,m/s$$

1.5. La durée du trajet OS
$t_S = x_S/V_0 = 3.10^{-7}$s
Les cordonnées de $\vec{V_S}$

$$\vec{V_S}\begin{cases} V_{Sx} = V_0 = 5.10^5\,m/s \\ V_{Sy} = \dfrac{F}{m}t_S = \dfrac{2eU}{4m_p d}t_S = \dfrac{eU}{2m_p d}t_S = 2{,}95.10^5\,m/s \end{cases}$$

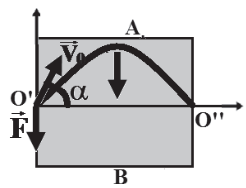
Déduction de V_S :

$$V_S = \sqrt{V_{Sx}^2 + V_{Sy}^2} = 5{,}8.10^5\,m/s$$

La déviation angulaire α

$$\tan\alpha = \frac{V_{Sy}}{V_{Sx}} = 0{,}58 \text{ soit } \alpha \approx 30°$$

2.1. Etude du mouvement entre A et B :



- **Conditions initiales**

$$O'\begin{cases} x_{O'} = x_0 = 0 \\ y_{O'} = y_0 = 0 \end{cases} \quad \text{et} \quad \vec{V_S}\begin{cases} V_{Sx} = V_S\cos\alpha \\ V_{Sy} = V_S\sin\alpha \end{cases}$$

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

$$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -\dfrac{F}{m} \end{cases} \quad \vec{V}\begin{cases} V_x = V_S\cos\alpha \\ V_y = -\dfrac{F}{m}t + V_S\sin\alpha \end{cases}$$

$$\overrightarrow{O'G}\begin{cases} x = (V_S\cos\alpha)t & (1) \\ y = -\dfrac{F}{2m}t^2 + (V_S\sin\alpha)t & (2) \end{cases}$$

L'équation de la trajectoire :

(1) $t = x / (V_S\cos\alpha)$; en remplaçant t dans (2), on obtient :

$$y = -\frac{F}{2mV_S^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha = -\frac{eU'}{4m_p d' V_S^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha$$

2.2. Calcul de U' pour que l'électron sorte par le point O''

$$0 = -\frac{eU'}{4m_p d V_S^2 \cos^2\alpha} l^2 + l\tan\alpha \Leftrightarrow \frac{eU'}{4m_p d V_S^2 \cos^2\alpha} l = \tan\alpha$$

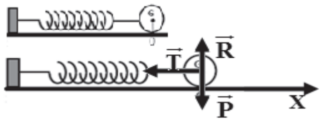
$$\Rightarrow U' = \frac{2m_p d V_S^2 \sin 2\alpha}{el} =$$

$$\frac{2x1,67.10^{-27} x4.10^{-2} x(5,8.10^5)^2 \sin 60}{1,6.10^{-19} x10^{-1}} \simeq\approx 2444V$$

Oscillateur mécanique:

1. Le pendule élastique horizontal:

- ✓ **Equation différentielle:**



- ✓ **Equation horaire:**

$$x = x_m \cos(\omega t + \varphi)$$

- ✓ **Période du mouvement:**

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \text{ or } \omega = \sqrt{\frac{K}{m}} \text{ soit } T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$$

- ✓ **Energie mécanique:**

$$E_m = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}Kx^2 \Leftrightarrow E_m = \frac{1}{2}Kx_m{}^2$$

2. Le pendule élastique vertical:

- ✓ **Condition d'équilibre :**

A l'équilibre : $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{T}_0 = \vec{0}$

$$\Leftrightarrow P - T_0 = 0 \Leftrightarrow mg = Kx_0$$

- ✓ **Equation différentielle:**

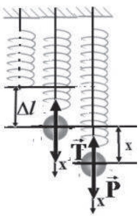
$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$$

En projetant suivant l'axe x'x :

$$P - T = ma \Leftrightarrow P - K(\Delta l + x) = ma \Leftrightarrow -kx = ma$$

$$\Rightarrow a + \frac{K}{m}x = 0$$

$$x'' + \frac{Kx}{m} = 0 \Leftrightarrow x'' + \omega^2 x = 0 : \text{m.r.s}$$



- ✓ **Energie mécanique:**

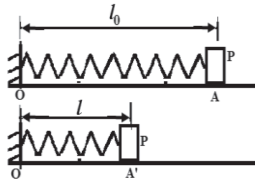
$$E_m = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}K(x^2 + \Delta l^2)$$

$$= \frac{1}{2}m\omega^2(x_m^2 - x^2) + \frac{1}{2}K(x^2 + \Delta l^2) \text{ avec } m\omega^2 = k.$$

$$= \frac{1}{2}k(x_m^2 - x^2) + \frac{1}{2}K(x^2 + \Delta l^2) = \frac{1}{2}K(x_m^2 + \Delta l^2)$$

Exercice 1

Un jouet est constitué pour l'essentiel d'un palet P de très petites dimensions, assimilable à un point, de masse m=100g, lancé à l'aide d'un ressort sur un plateau AB horizontal de longueur AB=L=1m sur lequel il peut glisser.

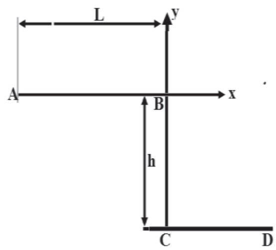


1 Lorsque P est en A, le ressort a sa longueur naturelle OA=l_0=10cm. La raideur du ressort est K=250N/m. On comprime le ressort de telle sorte qu'il ait la longueur OA'=l=3,6cm, P restant en contact avec le ressort. Puis on lâche, le palet sans vitesse initiale (fig 1).

1.1Quelle est l'énergie mécanique du système palet-ressort au moment où on lâche? Faire l'application numérique.

1.2 On néglige les frottements du palet sur le trajet A'A.
On peut montrer et on admettra que le ressort reste en contact avec le palet jusqu'au moment où celui-ci arrive en A. Utiliser la conservation de l'énergie pour trouver l'expression de la vitesse V_A du palet en fonction de K, l, l_0 et m. Faire l'application numérique.

1.3 A l'aide d'un système approprié, on a mesuré les vitesses V_A et V_B et on a trouvé V_A=3,2m/s et V_B=3,0m/s. On admet que l'ensemble des forces de frottement qu'exerce le plateau sur le palet pendant le trajet AB est réductible à une force unique $\vec{f}$ constante opposée à la vitesse du palet. Calculer l'intensité f de $\vec{f}$.



2 Arrivé en B, le palet quitte le plateau avec le vecteur vitesse $\vec{V}_B$ pour tomber 1m plus bas.

2.1 Etablir l'équation de la trajectoire du palet dans le repère (Bx ;By) après passage en B (fig 2).

2.2 Le palet heurte en D le plan horizontal situé à la distance BC=h=1m au dessous du plateau AB. Quelles sont les coordonnées de D ?

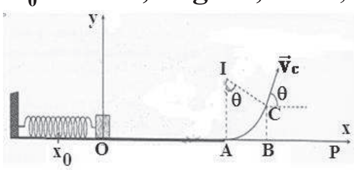
2.3 Quelles sont les composantes du vecteur vitesse $\vec{V}_D$ du palet quand il arrive en D ? Quelle est la valeur de V_D ?

Exercice 2

Une piste de lancement est composée :

- **D'une portion rectiligne OB= d sur laquelle est disposé un lanceur**
- **D'un arc de cercle $\overset{\frown}{AC}$ de rayon r de centre I et d'angle au sommet θ.**
- **Le lanceur est un ressort a spires non jointives de raideur K au bout duquel on place un solide de masse.**
  Données :
  $$m = 100g; d = 5m; K = 360N.m^{-1}; \theta = 45°; X_0 = 10cm; \text{ et } g = 9,8ms^{-2}; r = 5m$$

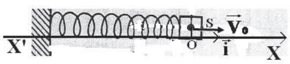
Dans tout l'Exercice , on prendra le point O comme origine des espaces et



on négligera les frottements. A l'équilibre, le centre d'inertie G_o du solide est en O. On comprime le ressort de X_o et on le lâche sans vitesse initiale.
1. On suppose que le solide reste accroché au ressort lorsqu'on lâche le système.
1.1. Etablir l'équation différentielle qui régit le mouvement du solide.
1.2. Détermination de la solution de l'équation différentielle.
1.2.1 Montrer que $x=X_m\cos(\omega_0 t+\varphi)$ vérifie l'équation différentielle précédente.
1.2.2 Calculer ω_0, et X_m et écrire l'expression de x.
1.3. Montrer que l'énergie mécanique est constante puis calculer sa valeur.
2. En réalité, arrivé en O, le solide est propulsé avec une vitesse $\vec{V}_0$. Il parcourt la distance OA, puis l'arc de cercle $\overset{\frown}{AC}$ et quitte la piste en C avec une vitesse $\vec{V}_C$ qui fait avec l'horizontale, un angle θ.
2.1. Calculer la valeur de Vo de la vitesse $\vec{V}_0$.
2.2. Montrer que V_A=6m/s.
2.3. Calculer la vitesse V_c du solide en C.
2.4. On prendra V_C=2,7m/s
2.4.1 dans le repère (O,x,y),établir les équations horaires du mouvement du solide.
2.4.2 En déduire l'équation de la trajectoire.
2.4.3 Déterminer les coordonnées du point d'impact P ainsi que sa vitesse V_P.

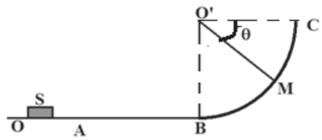
Exercice 3

Un pendule élastique horizontal est constitué d'un ressort (R) à spires non jointives de raideur K = 16N/m et d'un solide S de masse m=40g. Le pendule peut osciller librement sans amortissement ni frottement sur un banc horizontal. A l'instant t=0, on lance le solide S à partir de sa position d'équilibre O avec une vitesse $\vec{v}_0$ de valeur V_0 = 1,4m/s suivant l'axe X'X (voir fig1). Le mouvement du solide est reporté au repère (O ; $\vec{i}$).



1.1 **Déterminer la nature du mouvement et calculer sa période.**
1.2 **Trouver l'équation horaire du mouvement.**
1.3 **Donner l'expression de l'énergie mécanique du système (ressort+solide) en fonction de m, k, x et V à un instant t quelconque.**

2 **Au deuxième passage par la position d'équilibre S se détache du ressort, continue son mouvement et aborde en B une piste circulaire BC de rayon r = 10cm (fig2). Les frottements sont négligeables.**

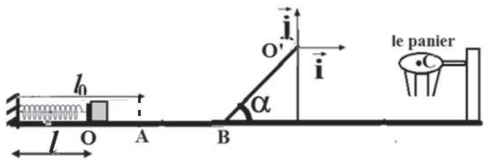


2.1 **Calculer la vitesse au point B.**
2.2 **Déterminer l'expression de la vitesse du solide au point M et calculer sa valeur pour $\theta = \widehat{CO'M} = 30°$.**
2.3 **Calculer la valeur de la réaction de la piste au point M. Bac D 2011sc**

Exercice 4

On négligera tous les frottements.

On considère un jouet d'enfant dont le schéma est représenté ci-dessous. Le jeu consiste à propulser par l'intermédiaire d'un ressort de raideur K un palet de masse m de sorte à l'envoyer dans un panier assimilable à un point C.



Le guide OABO' sur lequel glisse le palet est situé dans un plan vertical. La partie OAB est rectiligne et horizontale, tandis que BO' également rectiligne est inclinée d'un angle α=30° par rapport à l'horizontale.

1.1 Etablir dans le repère $(O', \vec{i}, \vec{j})$, l'équation cartésienne de la trajectoire du palet, assimilé à son centre d'inertie G, après avoir quitté la piste en O'. On prendra pour origine des dates, l'instant de passage en O'. (1pt)

1.2 Calculer la vitesse V_0 avec laquelle le palet quitte le point O', pour traverser le panier au point C tel que $C\begin{cases} x_C = 0,5 \\ y_C = -0,1265 \end{cases}$

On donne V_0=2 m/s, calculer la vitesse V_B avec laquelle le palet a abordé le plan incliné en B.

2 Calculer le raccourcissement Δl du ressort pour que le palet puisse être envoyé dans le panier en appliquant la conservation de l'énergie mécanique entre les points O et A.

3 On fixe maintenant le palet au ressort. Soit G_0 la position de son centre d'inertie à l'équilibre. On tire sur le ressort pour l'allonger de x_0 = 4 cm et on le lâche sans vitesse initiale à un instant pris comme origine des dates. Etablir l'équation différentielle caractérisant le mouvement de l'oscillateur et écrire l'équation horaire du mouvement.

4.1 Pour une position x quelconque donner l'expression de l'énergie mécanique du système (ressort-solide S) en fonction de K, m, x et V. Donner cette expression en fonction de K et x_0.

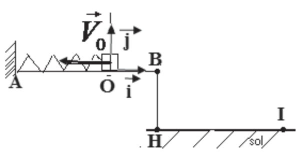
4.2 Montrer que l'énergie cinétique du solide peut s'écrire sous la forme :

$Ec = 50(x_0^2 - x^2)$ .g= 10 m/s² ; m = 40g ; BO' = l = 50 cm ; k = l00N/m. (1pt)

Exercice 5

On négligera les frottements sauf dans la question 4.

Un ressort de masse négligeable à spires non jointives, de coefficient de raideur K =20 N/m est fixé par l'une de ses extrémités en A et on accroche à l'autre extrémité un solide S de masse m = 0,2kg qui peut se déplacer le long d'une table horizontale.

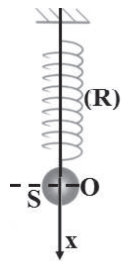


Le solide S étant en position d'équilibre, on lui communique une vitesse $\vec{v}_0$ dirigée suivant l'axe du ressort dans le sens opposé à $\vec{i}$ (voir figure) et de module V_0 = 0,8m/s à la date t = 0.

1. Etablir l'équation différentielle du mouvement du solide S.
2. Après avoir préciser les valeurs numériques de la pulsation ω , de l'amplitude x_m et de la phase initiale φ ,écrire l'équation horaire du mouvement du solide S.
3.1. Sachant que $E_p = 0$ lorsque le ressort n'est pas déformé ,exprimer à la date t , l'énergie mécanique E_m du système (ressort + solide S) en fonction de K , m , x et v. Calculer l'énergie mécanique E_m à la date t = 0.
3.2. Donner l'expression de l'énergie mécanique E_m en fonction de K et de l'amplitude x_m du mouvement.
4. Au moment où le solide S passe par sa position d'équilibre dans le sens positif il se détache du ressort et poursuit son mouvement suivant OB.
Trouver l'intensité de la réaction de la table sachant que le solide S arrive en B avec une vitesse de valeur V_B = 0,4m/s et que OB = d = 10cm.
5. Le solide S quitte la table au point B.
5.1. Déterminer les équations horaires du mouvement du solide S après B dans le repère $(O,\vec{i},\vec{j})$
5.2. Trouver l'abscisse du point de chute I dans le repère $(O,\vec{i},\vec{j})$ sachant que BH = h = 1,25 m.

Exercice 6

Les frottements sont supposés négligeables. On prendra g=10m/s²
Le pendule élastique représenté par la figure est constitué de:



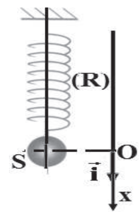
- **Un ressort (R) à spires non jointives, d'axe vertical, de masse négligeable et de raideur k=60N/m.**
- **Un solide (S) de centre d'inertie G et de masse M. La position de G est, à chaque instant, donnée par son abscisse x dans le repère $(O,\vec{i})$; O étant la position de G à l'équilibre.**

Le solide (S) est écarté verticalement vers le bas de sa position d'équilibre d'une distance x_m=2cm, puis abandonné à lui-même sans vitesse initiale à la date t=0.
1 Après avoir étudié l'équilibre du solide S calculer sa masse M sachant que l'allongement à l'équilibre Δl=4cm.
2 Montrer que le mouvement de S est rectiligne sinusoïdal et trouver son équation horaire.
3 On prendra le plan horizontal passant par O comme plan de référence de l'énergie potentielle de pesanteur du système (ressort, solide, Terre).
3.1 Exprimer l'énergie potentielle du système à une date t quelconque, en fonction de k, x et Δl.
3.2 Donner l'expression de l'énergie mécanique du système en fonction de k,Δl et x_m.
3.3 Déduire l'expression de l'énergie cinétique du système en fonction de k, x et x_m.

Exercice 7

On néglige la résistance de l'air.

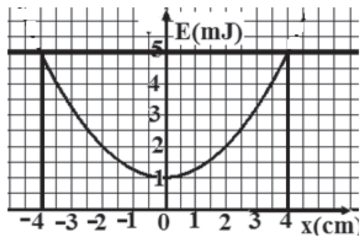
Un pendule élastique vertical est constitué d'un solide S de masse m et d'un ressort R de raideur K. Les courbes donnent les variations des énergies mécanique E et potentielle E_P du système (solide, ressort, terre) en fonction de l'abscisse x du centre d'inertie G du solide dans le repère $(O,\vec{i})$.



La position d'équilibre du solide coïncide avec l'origine O du repère et le plan horizontal passant par O est pris comme plan de référence de l'énergie potentielle de pesanteur du système.

1. Trouver l'équation différentielle du mouvement.

2. Etablir l'expression de l'énergie potentielle du système en fonction de K, x et x_0 où x_0 est l'allongement à l'équilibre.



3. Montrer que l'énergie mécanique est conservée au cours des oscillations?

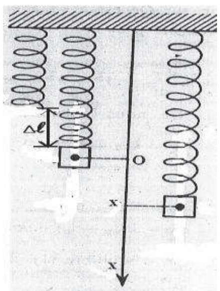
4. Trouver l'expression de l'énergie mécanique du système en fonction de K, x_m et x_0 où x_m est l'amplitude des oscillations.

5. En se basant sur le graphe déterminer l'amplitude x_m, la raideur K du ressort et son allongement à l'équilibre x_0.

6. Montrer que l'énergie cinétique E_C du solide peut être exprimée en fonction de K, x_m et x.

Exercice 8

On néglige les frottements



On fixe l'une des extrémités d'un ressort à spires non jointives de raideur K et de masse négligeable comme l'indique la figure.

Le ressort s'allonge de $\Delta\ell = 2cm$ lorsqu'on suspend à son autre extrémité une masse ponctuelle m=400g.

1. Calculer la valeur de la constante de raideur K du ressort.

2. Le point matériel effectue des oscillations et à un instant t quelconque ce point matériel a pour abscisse x et pour vitesse V.

On prend pour origine des énergies potentielles de pesanteur le plan horizontal passant par l'origine O des abscisses et pour origine des énergies potentielles élastiques l'énergie potentielle du ressort lorsqu'il n'est ni comprimé ni allongé.

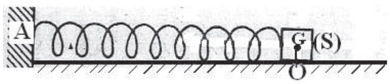
2.1. Exprimer l'énergie potentielle de pesanteur E_{PP} en fonction de m,g et x.

2.2. Exprimer l'énergie potentielle élastique du ressort E_{Pe} en fonction de m,g , x et K.

3. Exprimer l'énergie mécanique E_m du système (ressort-masse- terre) en fonction de m, g, x, V et K.
4. Déterminer la nature du mouvement et écrire son équation horaire si à l'instant t=0, x_0=0 et V_0 =-2m/s.
5. Calculer la valeur de E_m,

Exercice 9

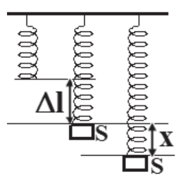
Les frottements sont négligeables.
On considère un ressort très long à spires non jointives de masse négligeable et de raideur K.



1. Le ressort est placé sur une table horizontale. On fixe l'une des extrémités du ressort et on accroche à son autre extrémité un solide ponctuel de masse m. On déplace le solide de sa position d'équilibre d'une distance x_0 =5cm et on l'abandonne sans vitesse initiale.
1.1. Faire le bilan des forces s'exerçant sur le solide et montrer que le système {ressort + solide + terre} est conservatif.
1.2. Pour une position x quelconque donner l'expression de l'énergie mécanique du système en fonction de K, m, x et de la vitesse V du solide.
1.3. Donner cette expression en fonction de K et x_0. Déduire l'expression de V en fonction de K, m, x_0 et x.
2.1. Montrer que l'énergie potentielle élastique du ressort peut s'écrire sous la forme : E_{pe}= a V^2 +b.
2.2. L'expérience montre que E_{Pe}= - 0,1 V^2 + 2,5.10^{-2}. Déduire les valeurs de m et de K.
2.3. Calculer la vitesse du solide lors du passage par sa position d'équilibre.

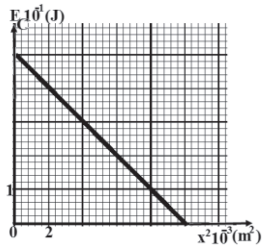
Exercice 10

On considère le système ci-contre constitué d'un solide S de masse m accroché à l'extrémité inferieure d'un ressort R vertical à spire non jointives, de masse négligeable et de raideur K dont l'extrémité supérieure est fixe. Soit Δl l'allongement du ressort à l'équilibre. On écarte le solide S de sa position d'équilibre vers le bas d'une distance x_0 et on l'abandonne sans vitesse à un instant pris comme origine des instants.



1. On prend comme origine des énergies potentielles de pesanteur le plan horizontal passant par la position d'équilibre et comme origine des énergies potentielles élastiques la position du ressort lorsqu'il n'est ni allongé ni comprimé.

1.1. Etablir l'expression de l'énergie mécanique E du système {solide+ressort+terre} en fonction de x, V, Δl, m et K.
1.2. Montrer que cette énergie est constante et l'exprimer en fonction de K, x_0 et Δl.
1.3. Déduire la nature du mouvement.
2. Un dispositif approprié permet de tracer la courbe représentative de l'énergie cinétique en fonction de x^2 comme l'indique le graphe.

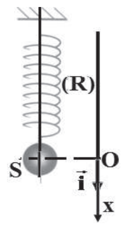


2.1. Trouver l'expression de l'énergie cinétique en fonction de K, x et x_0.
2.2. Déterminer graphiquement l'équation $E_C=f(x^2)$.
2.3. Par identification des deux expressions précédentes, déterminer les valeurs de K et de x_0.
2.4. Calculer les valeurs de l'allongement Δl et de la masse m si l'énergie mécanique vaut 1joule.

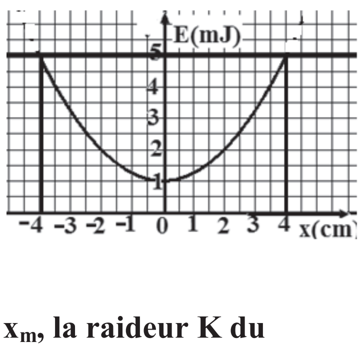
Exercice 11

On néglige la résistance de l'air.

Un pendule élastique vertical est constitué d'un solide S de masse m et d'un ressort R de raideur K. Les courbes donnent les variations des énergies mécanique E et potentielle E_P du système (solide, ressort, terre) en fonction de l'abscisse x du centre d'inertie G du solide dans le repère $(O, \vec{i})$.



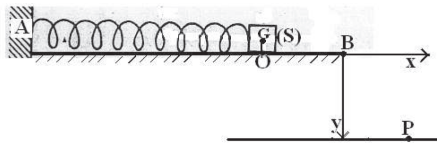
La position d'équilibre du solide coïncide avec l'origine O du repère et le plan horizontal passant par O est pris comme plan de référence de l'énergie potentielle de pesanteur du système.
1. Trouver l'équation différentielle du mouvement.
2. Etablir l'expression de l'énergie potentielle du système en fonction de K, x et x_0 où x_0 est l'allongement à l'équilibre.



3. Montrer que l'énergie mécanique est conservée au cours des oscillations?
4. Trouver l'expression de l'énergie mécanique du système en fonction de K, x_m et x_0 où x_m est l'amplitude des oscillations.
5. En se basant sur le graphe déterminer l'amplitude x_m, la raideur K du ressort et son allongement à l'équilibre x_0
6. Montrer que l'énergie cinétique E_C du solide peut être exprimée en fonction de K, x_m et x.

Exercice 12

Un ressort à spires non jointives, de masse négligeable et de raideur K ; est placé sur une table horizontale.



L'une des extrémités du ressort est soudée en un point A et l'autre extrémité est fixée à un solide S de centre d'inertie G et de masse m=100g.

Le solide S qu'on assimile à un point matériel peut glisser sans frottement sur la table.

1. On écarte le solide S de sa position d'équilibre d'une distance de 3cm et on l'abandonne sans vitesse initiale à un instant qu'on prendra pour origine des temps. Le mouvement de S sera étudié dans le repère d'axe Ox dont l'origine O coïncide avec la position du centre d'inertie G à l'équilibre (voir fig).

1.1. Montrer que le mouvement de S est rectiligne sinusoïdal.

1.2. Exprimer la raideur K du ressort en fonction de la masse m et de la période T du mouvement. Calculer K sachant que la durée de 10 oscillations du solide est 3,14s.

1.3. Déterminer l'équation horaire du mouvement de S.

1.4. Calculer l'énergie mécanique du système (solide S + ressort).

2. Au passage par la position d'équilibre dans le sens positif le solide se détache et continue son mouvement sur la table pour la quitter au point B.

2.1. Déterminer l'équation de la trajectoire du mouvement aérien dans le repère (B ,x,y) de la figure.

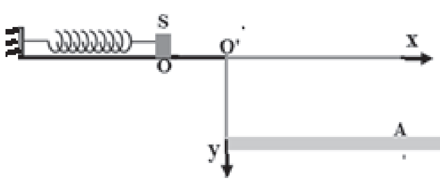
2.2. Trouver les coordonnées du point de chute P si la durée de cette chute est 0.4s.

Exercice 13

Les frottements sont négligeables

On considère un ressort à spires non jointives de masse négligeable et de raideur K=50N/m. Le ressort est placé sur une table horizontale.

On fixe l'une des extrémités du ressort et on accroche à son autre extrémité un solide ponctuel S de masse m=500g.



A l'instant t=0, on déplace le solide de sa position d'équilibre d'une distance x_0 =2cm et on lui communique une vitesse

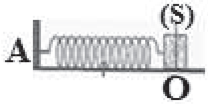
$V_0 = \frac{\sqrt{3}}{5} m/s$.

1.1. Etablir l'équation différentielle qui régit le mouvement du centre d'inertie du solide.

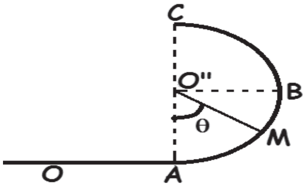
1.2. Déterminer l'équation horaire du mouvement. Quelle est la vitesse au passage par la position d'équilibre dans le sens positif ?
1.3. Exprimer l'énergie mécanique de cet oscillateur et montrer qu'elle est constante. Retrouver la valeur maximale de la vitesse du mobile en utilisant le principe de la conservation de l'énergie mécanique.
2. Le solide se détache du ressort au passage par la position d'équilibre O dans le sens positif et continue son mouvement sur la table pour la quitter au point O'et atteindre le point A au sol situé 5 cm plus bas (voir figure).
L'instant de passage de S en O' est considéré comme origine des dates.
2.1. Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire de S dans le repère (O', x, y).
2.2. Trouver les coordonnées du point A.
2.3. Calculer les composantes du vecteur vitesse $\vec{V}_A$ au point A ;en déduire son module puis préciser l'angle β qu'il fait avec la verticale passant par A.

Exercice 14

Les frottements sont négligeables.
Soit un ressort R élastique de masse négligeable, de constante de raideur K=20N/m, guidé par une tige horizontale. Une des extrémités est fixée en un point A l'autre est attachée à un solide ponctuel S de masse m, qui coulisse sur la tige. Dans la position d'équilibre, le centre d'inertie G du solide est en O.



1. Etablir l'équation différentielle du mouvement de S.
2. Ecrire l'équation horaire du mouvement x=f(t) sachant qu'à l'instant t=0 le centre d'inertie G du solide passe en O dans le sens positif et qu'il décrit un segment de 4cm au cours des oscillations dont la période est T=0,05s.
3. Montrer que l'énergie mécanique E du système est égale à 4.10^{-3}J, sachant que l'énergie potentielle de pesanteur au niveau de la tige est nulle.
4. Calculer l'énergie cinétique du système à l'instant t=0,25s.
5. A la date t=5s, la masse se détache du ressort et se déplace suivant une piste OABC constituée de deux parties:



- **OA rectiligne.**
- **ABC en forme de demi-cercle de centre O'' et de rayon r=10cm.**

5.1. Calculer la vitesse du solide S à l'arrivée en A.
5.2. Trouver l'expression de la vitesse de S en M tel que $(\widehat{AO''M}) = \theta$ et calculer sa valeur au point C. On donne g=10m/s².

Corrigé de l'exercice1

1.1 Calcul de l'énergie mécanique à l'instant où on lâche le palet

L'expression de l'énergie mécanique :

$E_m = E_c + E_{pp} + E_{pe}$

Or E_{PP}=0 $\text{à } t = 0; E_c = 0; E_{pe} = \frac{1}{2}K\Delta l^2$

soit $E_m = E_p = \frac{1}{2}K\Delta l^2 = \frac{1}{2}K(l - l_0)^2$ (1) **AN : E_m=0,512J**

1.2 Au point A pas d'allongement

$E_A = \frac{1}{2}mV_A^2$

Comme l'énergie mécanique est toujours constante :

$E_m = \frac{1}{2}mV_A^2 = \frac{1}{2}K\Delta l^2 \Rightarrow V_A = \sqrt{\frac{K}{m}}(l_0 - l)$

A.N : V_A = 3,2m/s.

1.3 Calcul de f

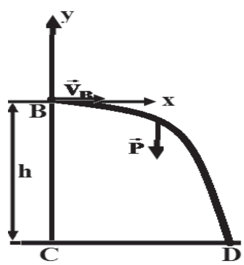
$\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}}$

$E_{CB} - E_{CA} = \underbrace{W_{\vec{P}}}_{0} + W_{\vec{f}} + \underbrace{W_{\vec{R}_n}}_{0}$

$\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = -fxL \Rightarrow f = \frac{m}{2L}(V_A^2 - V_B^2)$ A.N:f=0,062N

2 Conditions initiales :

$O\begin{cases} x_B = x_0 = 0 \\ y_B = y_0 = 0 \end{cases} \quad \vec{V}_B\begin{cases} V_{Bx} = V_B \\ V_{By} = 0 \end{cases}$



En appliquant la R.F.D, on obtient :

$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} = m\vec{a}$

$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \Rightarrow \vec{V}\begin{cases} V_x = V_B \\ V_y = -gt \end{cases} \Rightarrow \overrightarrow{BM}\begin{cases} x = V_B t & (1) \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 & (2) \end{cases}$

L'équation de la trajectoire

$(1) \Rightarrow t = \frac{x}{V_B}$

On remplace t dans y soit $y = -\frac{g}{2V_B^2}x^2$

2.2 Lorsque le palet touche le sol au point au point D nous aurons y_D=-h

$y_D = -\frac{g}{2V_B^2}x_D^2 = -h \Leftrightarrow x_D = \sqrt{\frac{2h}{g}}V_B = 1,36m$

L'instant t_D correspondant est $t_D = \frac{x_D}{V_B} = 0,45s$

2.3 Les composantes $\vec{V}_D$ $\vec{V}_D\begin{cases} V_{Dx} = V_B = 3 \\ V_{Dy} = -gt_D = 4,45 \end{cases}$

D'où la valeur $V_D = \sqrt{V_{Dx}^2 + V_{Dy}^2} = 5,37m/s$

Corrigé de l'exercice2

L'équation différentielle du mouvement :
soit x l'abscisse du solide par rapport à l'origine

$$\vec{P}+\vec{T}+\vec{R}=m\vec{a}$$

Proj/Ox : $-T+0+0=ma \Rightarrow -Kx=ma \Leftrightarrow a+\frac{K}{m}x=0$

C'est une équation différentielle du second degré dont la solution est de la forme :
$x=X_m\cos(\omega_0 t+\varphi)$

2.1 La dérivée seconde de l'équation donne : $a+\omega_0^2x=0$ **ce qui montre que** $x=X_m\cos(\omega_0 t+\varphi)$ **est une solution de l'équation différentielle.**

2.2Calcul des constantes :

- $\omega_0=\sqrt{\frac{K}{m}}=\sqrt{\frac{360}{0,1}}=60rd/s$
- **Le solide a été lâché sans vitesse initiale** $X_m=x_0=0,1m$
- **La phase initiale se calcule à partir des conditions initiales :**

$\cos\varphi=\frac{x_0}{X_m}=1\Rightarrow\varphi=0$

L'équation horaire du mouvement est : $x=0,1\cos(60t)$

3. On considère que le système étudié est constitué de (la terre-ressort-solide) Ce qui le rend pseudo- isolé et permet de dire que $E_m=Cte$

Calcul de E_m **:** $Em=E_{mi}=\frac{1}{2}Kx_0^2$ $\quad A.N: Em=\frac{1}{2}\times360\times(0,1)^2=1,8J$

II.

1. Calcul de la vitesse de passage par l'équilibre :

L'énergie est conservée : $E_{m(éq)}=E_{mi}$ $\quad \frac{1}{2}mV_0^2=E_{mi}$ $\quad ,V_0=\sqrt{\frac{2E_{mi}}{m}}=\sqrt{\frac{2.1,8}{0,1}}=6m/s$

2-En appliquant le théorème de variation de l'énergie cinétique entre O et B on trouve :

$\Delta E_c=E_{cA}-E_{cO}=W(\vec{P})+W(\vec{Rn})$

$\frac{1}{2}mV_A^2-\frac{1}{2}mV_0^2=0 \quad ,V_A^2=V_0^2\Rightarrow V_A=V_0=6m/s;$

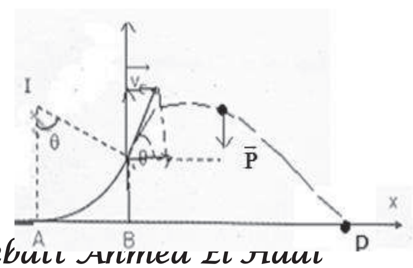
3-La vitesse au point C

$V_C=\sqrt{V_A^2-2gr(1-\cos\theta)}$

$A.N: V_C=\sqrt{36-2.9,8\times5(1-\frac{1}{\sqrt{2}})}=2,7m/s$

4.1Conditions initiales :

$\begin{cases}x_0=d\\ y_0=h=r(1-\cos\theta)\end{cases}$ $\quad \vec{V}\begin{cases}V_{Cx}=V_c\cos\theta\\ V_{Cy}=V_c\sin\theta\end{cases}$



Etude du mouvement

$\sum\overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a} \quad \vec{P} = m\vec{a}$

$Proj/0x : 0 = ma_X, m \neq 0$

$a_X = 0$ le mvt est r.u

Les équations horaires du mvt sur ox sont :

$$\begin{cases} a_X = 0 \\ V_{ox} = V_c\cos\theta \\ x = V_c\cos\theta t + d \end{cases}$$

$Proj/0y : -mg = ma_y \Rightarrow a_y = -g$ le mvt est r.u.v

Les équations horaires du mvt sur oy sont :

$$\begin{cases} a_y = -g \\ V_y = -gt + V_c\sin\theta \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_c\sin\theta t + r(1-\cos\theta) \end{cases}$$

4.2 L'équation de la trajectoire :

$$t = \frac{x-d}{V_c\cos\theta}$$

On remplace dans y et on obtient ;

$$y = -\frac{g}{2V_c^2\cos^2\theta}x^2 + x\left(\frac{gd}{V_c^2\cos^2\theta} + \tan\theta\right) - \frac{gd^2}{V_c^2\cos^2\theta} - d\tan\theta + r(1-\cos\theta)$$

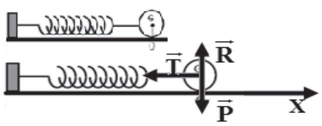
Soit : $y = -1,3x^2 + 14,4x - 37$

4.3 Les coordonnées du point de chute : au point de chute y_P=0

$-1,3x^2 + 14,4x - 37 = 0$ soit $x_P = 10,2m$

Corrigé de l'exercice3

1.1 Nature du mouvement.



$\sum\vec{F} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m\vec{a}$

En projetant suivant l'axe Ax :

$-T = ma \Leftrightarrow -kx = ma \Rightarrow a + \frac{K}{m}x = 0$

C'est l'équation différentielle caractérisant un mouvement rectiligne sinusoïdal de pulsation $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$

La valeur de la période : $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{\pi}{10} = 0,314s$

1.2 L'équation horaire du mouvement :

$x = x_m\cos(\omega t + \varphi)$

Calcul de la pulsation : $\omega = \frac{2\pi}{T} = 20rad/s$

Conditions initiales : $\begin{cases} x_0 = x_m\cos\varphi & (1) \\ V_0 = -x_m\omega\sin\varphi & (2) \end{cases}$

à t = 0 $x_0 = 0$m et $V_0 = 1,4$m/s

$V_0^2 = \omega^2(x_m^2 - x_0^2) \Rightarrow x_m = \left|\frac{V}{\omega}\right| = 7.10^{-2}$m Soit x_m 7.10^{-2} m.

Calcul de la phase initial φ

(1) $\Rightarrow \cos\varphi = \frac{x_0}{x_m} \Rightarrow \varphi = -\frac{\pi}{2}$ car $V_0 > 0$

D'où l'équation horaire : $x = 7.10^{-2}\cos(20\,t - \frac{\pi}{2})$

1.3 L'expression de l'énergie mécanique :

$E_m = E_c + E_{pp} + E_{pe}$ or $E_{pp} = 0$; $E_c = \frac{1}{2}mV^2$ et $E_{pe} = \frac{1}{2}kx^2$

D'où $E_m = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}kx^2$

2.1 Calcul de V_B

$\Delta E_c = \sum W_{\vec{F}} \Leftrightarrow E_{CB} - E_{CO} = 0 \Rightarrow V_B = V_0 = x_m\omega = 1,47\text{m/s}$

2.2 Calcul de V_M

$\Delta E_c = \sum W_{\vec{F}} \Leftrightarrow E_{cM} - E_{cB} = -$ mgh avec $h = r(1-\sin\alpha)$

$\Rightarrow V_M = \sqrt{V_B^2 - 2gr(1-\sin\theta)}$ A.N : $V_M \simeq 1$m/s

2.3 Expression de R_M

$\Sigma\vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R}_C = m\vec{a}$

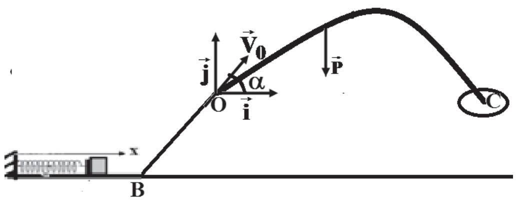
Par projection sur la normale, on obtient :

$-mg\sin\theta + R = m\frac{V_M^2}{r}$ $R = m(g\sin\theta + \frac{V_M^2}{r})$ A.N : $R = 0,6$N

Corrigé de l'exercice4

Conditions initiales :

$O\begin{cases} x_0 = 0 \\ y_0 = 0 \end{cases}$ $\vec{V}_0\begin{cases} V_{0x} = V_0\cos\alpha \\ V_{0y} = V_0\sin\alpha \end{cases}$



En appliquant la R.F.D, on obtient :

$\sum\vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} = m\vec{a}$

$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases} \Rightarrow \vec{V}\begin{cases} V_x = V_0\cos\alpha \\ V_y = -gt + V_0\sin\alpha \end{cases} \Rightarrow \overrightarrow{OM}\begin{cases} x = V_0\cos\alpha t & (1) \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_0\sin\alpha t & (2) \end{cases}$

L'équation de la trajectoire

$(1) \Rightarrow t = \frac{x}{V_0\cos\alpha}$

On remplace t dans y : $y = -\frac{g}{2V_0^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha$

1.2 Calcul de V_0

La trajectoire passe par C alors les coordonnées de C vérifie l'équation de la trajectoire :

$$-0,1265 = -\frac{10}{2V_0^2 \frac{3}{4}} 0,5^2 + 0,58x0,5 \Leftrightarrow V_0 = 2m/s$$

1.3 Calcul de V_B

En appliquant le théorème $\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}}$

$$E_{CO} - E_{CB} = W_{\vec{P}} + W_{\vec{f}} + \underbrace{W_{\vec{R}_n}}_{0}$$

$$\frac{1}{2}mV_0^2 - \frac{1}{2}mV_B^2 = -mgx\sin\alpha \Rightarrow V_B = \sqrt{V_0^2 + 2OBg\sin\alpha} = 3m/s$$

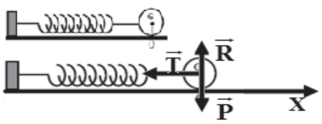
2 Calcul de Δl

Au point B on a $E_{m1} = \frac{1}{2}mV_B^2$

Au point O on a $E_{m2} = \frac{1}{2}K\Delta l^2$ L'énergie mécanique du système étant conservée $\frac{1}{2}K\Delta l^2 = \frac{1}{2}mV_B^2 \Rightarrow \Delta l = V_B\sqrt{\frac{m}{K}} = 0,03m$

3.1 Nature du mouvement.

$\sum\vec{F} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m\vec{a}$



En projetant suivant l'axe Ax :

$-T = ma \Leftrightarrow -kx = ma \Rightarrow a + \frac{K}{m}x = 0$

C'est l'équation différentielle caractérisant un mouvement rectiligne sinusoïdal de pulsation $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$

3.2 L'équation horaire du mouvement :

$x = x_m \cos(\omega t + \varphi)$

La valeur de la pulsation

$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}} = \sqrt{\frac{100}{0,04}} = 50rad/s$ Conditions initiales : $\begin{cases} x_0 = x_m\cos\varphi & (1) \\ V_0 = -x_m\omega\sin\varphi & (2) \end{cases}$

à $t = 0$ $x_0 = 4.10^{-2}m$ et $V_0 = 0$

$$V^2 = \omega^2(x_m^2 - x_0^2) \Leftrightarrow x_m = x_0 = 4.10^{-2}m$$

Calcul de la phase initial φ

$$(1) \Rightarrow \cos\varphi = \frac{x_0}{x_m} = 1 \Rightarrow \varphi = 0$$

D'où l'équation horaire : $x = 4.10^{-2}\cos(50t)$

4.1L'expression de l'énergie mécanique :

$$E_m = E_c + E_{pp} + E_{pe}$$

or $E_{pp} = 0; E_c = \frac{1}{2}mV^2; E_{pe} = \frac{1}{2}Kx^2$

soit $E_m = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}Kx^2$ (1)

Comme l'énergie mécanique est toujours constante alors lorsque $x=x_0$, la vitesse est nulle et l'énergie mécanique devient :

$$E_m = \frac{1}{2}Kx_0^2 \quad (2)$$

4.2 L'expression de E_C :

1ère méthode

En égalisant les relations (1) et (2) on obtient :

$$E_C + E_P = \frac{1}{2}Kx_0^2 \Rightarrow E_C = \frac{1}{2}Kx_0^2 - E_P = \frac{1}{2}Kx_0^2 - \frac{1}{2}Kx^2$$

$$E_C = \frac{K}{2}(x_0^2 - x^2) = 50(x_0^2 - x^2)$$

2ème méthode

$$E_C = \frac{1}{2}mV^2 = \frac{1}{2}m\omega^2(x_0^2 - x^2) = \frac{1}{2}k(x_0^2 - x^2) = 50(x_0^2 - x^2)$$

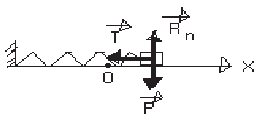
Corrigé de l'exercice5

1L'équation différentielle du mouvement :

En appliquant la relation fondamentale de la dynamique, on obtient :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m\vec{a}$$

En projetant suivant l'axe Ox -T=ma $\Leftrightarrow$



$\boxed{a+(k/m)x = 0}$

2. • Calcul de la pulsation ω

$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$ **A.N : ω=10rad/s**

• Calcul de l'amplitude x_m et de la phase initiale φ

A t=0 : $x_0=0$ et $v_0=-0,8$m/s $\Leftrightarrow$ $x_m\cos\varphi = 0$ et $- x_m\omega\sin\varphi = -0,8$

Soit $x_m = 8.10^{-2}$m et $\varphi = \pi/2$ d'où l'équation horaire : $x = 8.10^{-2}\cos(10t + \pi/2)$

3.1Expression de l'énergie mécanique en fonction de K , m, v et x :

$E_m = E_c + E_p \Leftrightarrow E_m = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}kx^2$; à t=0 $E_m = \frac{1}{2}mV_0^2$ sa valeur est alors:

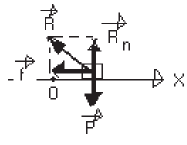
$E_m = 6,4.10^{-2}$j.

3.2Expression de l'énergie mécanique en fonction de K et de x_m :

$E_m = \frac{1}{2}mx_m^2\omega^2\sin^2(\omega t+\varphi) + \frac{1}{2}kx_m^2\cos^2(\omega t+\varphi)$ comme $m\omega^2 = k \Rightarrow E_m = \frac{1}{2}kx_m^2$

4 • Calcul de la réaction R : $R = \sqrt{R_n^2 + f^2}$

• Déterminons R_n puis f :



En appliquant la R.F.D, on obtient :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{R}_n + \vec{f} = m\vec{a}$$

En projetant suivant la verticale descendante :

$P-R_n=0$ ⇨ $R_n=P$ A.N : $R_n=2N$.

En projetant suivant l'axe Ox :

$-f=ma$ avec $a=(v_B^2-v_O^2)/2d$ ⇨ $f=-m(v_B^2-v_O^2)/2d$ A.N : $f=0{,}48N$.

R serait alors : R=2,06N.

5.1 Etude du mouvement de chute dans le vide :

En appliquant la relation fondamentale de la dynamique, on obtient :

$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \vec{g}$

En projetant suivant l'axe Ox : $a_x=0$ ⇨ m.r.u d'équation horaire : $x = v_Bt+d$

En projetant suivant l'axe Oy : $a_y=-g$ ⇨ m.r.u.v d'équation horaire : $y=-\frac{1}{2}gt^2$

5.2 L'abscisse du point d'impact I sur le sol :

au point I $y_I=-h$ ⇨ $t=\sqrt{\frac{2h}{g}}$ soit $x_I = v_Bt+d$ A.N : $x_I=0{,}3m$

Corrigé de l'exercice6

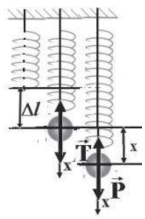
1 Etude de l'équilibre :

A l'équilibre : $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{P}+\vec{T}_0=\vec{0}$

$P-T_0=0 \Rightarrow M=\frac{K\Delta\ell}{g}$ **Soit M=0,24kg**

2 Nature du mouvement.

$\sum\vec{F} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P}+\vec{T}=m\vec{a}$



En projetant suivant l'axe x'x :

$P-T=ma \Leftrightarrow P-K(\Delta l+x)=ma \Leftrightarrow -kx=ma \Rightarrow a+\frac{K}{m}x=0$

C'est l'équation différentielle caractérisant un mouvement rectiligne sinusoïdal de pulsation

$\omega=\sqrt{\frac{K}{m}}=\sqrt{\frac{60}{0{,}24}}=15{,}8\,rad/s$

L'équation horaire du mouvement :

$x = x_m\cos(\omega t+\varphi)$

La pulsation : $\omega=15{,}8$ rad/s et l'amplitude x_m=2cm.

Calcul de la phase initial φ

$\cos\varphi=\frac{x_0}{x_m}=1 \Rightarrow \varphi=0$

D'où l'équation horaire :

$x = 2.10^{-2}\cos(15{,}8\,t)$

3.1 Expression de l'énergie potentielle

$E_p=E_{pp}+E_{pe}$ avec $E_{pp}=-mgx$ et $E_{pe}=\frac{1}{2}K(\Delta l+x)^2$

En remplaçant, on obtient : $E_p=\frac{1}{2}K(\Delta\ell^2+x^2)$

3.2 Expression de l'énergie mécanique :

$E_m = E_c + E_p$ Soit

$E_m = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}K(x^2 + \Delta l^2)$

$= \frac{1}{2}m\omega^2(x_m^2 - x^2) + \frac{1}{2}K(x^2 + \Delta l^2)$ avec $m\omega^2 = k$

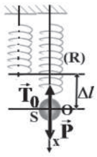
$= \frac{1}{2}k(x_m^2 - x^2) + \frac{1}{2}K(x^2 + \Delta l^2) = \frac{1}{2}K(x_m^2 + \Delta l^2)$

Déduction de l'expression de E_C :

$$E_C = E_m - E_p = \frac{1}{2}K(x_m^2 + \Delta l^2) - \frac{1}{2}K(x^2 + \Delta l^2) = \frac{1}{2}K(x_m^2 - x^2)$$

Corrigé de l'exercice7

1 Etude de l'équilibre :



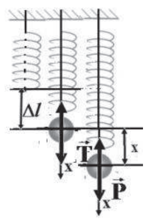
A l'équilibre : $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{T}_0 = \vec{0}$

$\Leftrightarrow P - T_0 = 0 \Leftrightarrow mg = Kx_0$

Nature du mouvement.

$\sum \vec{F} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$

En projetant suivant l'axe x'x



$P - T = ma \Leftrightarrow P - K(\Delta l + x) = ma \Leftrightarrow -kx = ma \Rightarrow a + \frac{K}{m}x = 0$

C'est l'équation différentielle caractérisant un mouvement rectiligne sinusoïdal

2 Expression de l'énergie potentielle

$E_p = E_{pp} + E_{pe}$ avec $E_{pp} = -mgx$ et $E_{pe} = \frac{1}{2}K(x_0 + x)^2$

En remplaçant, on obtient : $E_p = \frac{1}{2}K(x_0^2 + x^2)$

4 Expression de l'énergie mécanique :

$\Delta E_m = \sum W_{\vec{F}ex} + \sum W_{\vec{F}\,int\,dissip} = 0 \Leftrightarrow E_m = E_{m0}$

$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}mV^2 + \frac{1}{2}K(x_0^2 + x^2) = \frac{1}{2}K(x_0^2 + x_m^2)$

5 D'après la courbe $x_m = 4.10^{-2}$m

$$\begin{cases} \frac{1}{2}Kx_0^2 = 10^{-3} \\ \frac{1}{2}Kx_0^2 + \frac{1}{2}Kx_m^2 = 510^{-3} \end{cases}$$

Soit $x_0 = 2.10^{-2}$m et K=5N/m

6 L'expression de E_C :

$E_C = E_m - E_p = \frac{1}{2}K(x_m^2 + x_0^2) - \frac{1}{2}K(x^2 + x_0^2) = \frac{1}{2}K(x_m^2 - x^2)$

Mouvement d'un satellite au tour de la terre :

- **Expression de g en fonction de l'altitude h:**

$$g = \frac{GM}{(R+h)^2}$$

- **Au niveau du sol :**

$$g_0 = \frac{GM}{R^2}$$

- **Relation entre g et g_0 :**

$$g = \frac{g_0 R^2}{r^2} = \frac{g_0 R^2}{(R+h)^2}$$

- **Nature du mouvement:**

$$\begin{cases} a_t = 0 \\ V = cte \Rightarrow m.u \qquad \Leftrightarrow m.c.u \\ r = \dfrac{GM}{V^2} = cte \Rightarrow m.c \end{cases}$$

- **Expression de V:**
- **soit** $V = \sqrt{\dfrac{GM}{R+h}}$ **soit** $V = R\sqrt{\dfrac{g_0}{R+h}}$
- **Expression de T:**

$$\text{soit } T = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM}}$$

$$\text{soit } T = \frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{(R+h)^3}{g_0}}$$

- **Satellite géostationnaire:**

C'est un satellite qui évolue dans le plan de l'équateur terrestre et dans le même sens de rotation de la terre ; la période du satellite géostationnaire est égale à celle de la terre.

- **Energie mécanique d'un satellite**
  - ✓ **Energie cinétique :**

$$E_C = \frac{1}{2}mV^2 \Leftrightarrow E_C = \frac{GmM}{2(R+h)}$$

  - ✓ **Energie potentielle de pesanteur:**
    - o **Si l'origine est choisie à l'infini :**

$$E_P = -\frac{GmM}{(R+h)}$$

    - o **Si l'origine est choisie à la surface de la terre :**

$$E_P = -\frac{GmM}{(R+h)} + \frac{GmM}{R}$$

  - ✓ **Expression de l'énergie mécanique :**

$$E_m = -\frac{GmM}{(R+h)} \text{ ou bien } E_m = -\frac{GmM}{2(R+h)} + \frac{GmM}{R}$$

Exercice 1

Pour étudier le passage d'une comète au voisinage de notre planète, un satellite lanceur de sonde est mis en orbite autour de la terre.
Données : $G = 6{,}67\ 10^{-11}\ N\ m^2\ kg^{-2}$; masse de la terre $M_T = 5{,}98.10^{24}$ Kg ; rayon de la terre $R_T = 6400$Km.
La terre est considérée comme un corps à répartition sphérique de masse.

1. **Etude du mouvement circulaire du système lanceur-sonde dans le référentiel géocentrique. Dans un premier temps, le système lanceur sonde est supposé mis en orbite circulaire à l'altitude $h_0 = 200$Km. Il évolue avec une vitesse V_o.**

1.1 **En supposant ce système uniquement soumis au champ gravitationnel terrestre, montrer que son mouvement est uniforme.**

1.2 **Exprimer la vitesse V_0 en fonction de G, M_T, R_T et h_0 et calculer sa valeur en $Km.s^{-1}$.**

1.3 **Etablir l'expression de sa période T_0 en fonction de R_T, h_0 V_0 et la calculer.**

2. **L'énergie potentielle de gravitation s'écrit $Ep = -\frac{GmM_T}{r}$, r étant le rayon de l'orbite, m est la masse du système.**

2.1 **Pour l'altitude h_0, exprimer l'énergie mécanique E_{m0} du satellite sur une orbite circulaire de rayon r_0 en fonction de G, M_T, m et r_0 puis en fonction de la vitesse V_0.**

2.2 **Exprimer successivement l'énergie mécanique E_{m0} et l'énergie potentielle E_{p0} en fonction de l'énergie cinétique E_{c0} sur cette même orbite.**

2.3 **Exprimer l'énergie W fournie par les moteurs pour que le satellite passe de l'orbite basse de rayon r_0 à l'orbite géostationnaire de rayon r en fonction de G, M, m, r_0 et r.**

3 Lorsque l'altitude du satellite est peu élevée, il peut subir les frottements des hautes couches de l'atmosphère. Son énergie mécanique diminue suivant la loi $E_m = E_{mo}(1+\alpha.t)$; $\alpha>0$
On suppose que la trajectoire est circulaire. Montrer que le rayon de l'orbite diminue avec le temps alors que la vitesse augmente.

Exercice 2

1. Un satellite artificiel de masse $m=200kg$ tourne autour de la terre sur une orbite circulaire de rayon r.
1.1. Calculer la vitesse V_1 de ce satellite en fonction de r, de la masse M de la terre et de la constante de gravitation G. A.N : $r=7000km$; $G=6{,}67.10^{-11}N.m^2/kg^2$ et $M=6.10^{24}kg$.
1.2 L'énergie potentielle du système $\{$satellite-terre$\}$ étant $E_p = \frac{GmM}{R} - \frac{GmM}{r}$ où R est le rayon de la terre ; donner l'expression de l'énergie mécanique de ce système en fonction de G, m, M, r et R .La calculer. On donne: $R=6400km$.

1.3 Calculer l'énergie à fournir à ce satellite pour qu'il passe de l'orbite de rayon r à une autre de rayon $r'=7100km$.

2On considère que la terre est un point matériel qui tourne autour du soleil de masse $M'=2.10^{30}kg$ sur une orbite circulaire de rayon $r=1,5.10^{8}km$..

2.1. Exprimer la vitesse angulaire ω et la période T du mouvement de la terre.

2.2. Exprimer le rapport $\frac{T^2}{r^3}$ en fonction de G et M'.

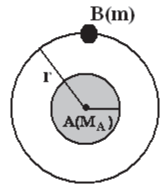
2.3. Calculer T. Cette valeur est-elle vraisemblable ?

Exercice 3

Dans cet Exercice , les mouvements étudiés sont rapportés à des repères galiléens.

Les mobiles étudiés présentent une répartition à symétrie sphérique.

Donnée $G = 6,67.10^{-11}$ S.I.



1 Dans un repère, on étudie deux satellites A et B. On suppose que la masse M_A du mobile A est très grande devant celle m du mobile B. Le mobile B tourne autour de A considéré comme étant fixe (voir fig).

1.1. Montrer que le mouvement de B autour de A est un mouvement circulaire uniforme.

1.2. Etablir la relation qui lie la vitesse V du centre d'inertie de B, le rayon r de l'orbite, la masse M_A de A et la constante de gravitation universelle G.

1.3. Soit T la période de B autour de A. Exprimer V en fonction de T et r , en déduire la relation $\frac{r^3}{T^2} = kM_A$ et donner l'expression de k en fonction de G.

2. Un satellite artificiel tourne autour de la terre (dont la masse $M_T = 5,98.10^{24}kg$) dans une orbite de rayon $r = 42,3 .10^{3}km$.

2.1. Calculer la période de ce satellite artificiel. Comment appelle-t-on ce type de satellite, s'il tourne dans le plan de l'équateur et dans le même sens de rotation de la terre?

2.2. Tous les satellites se trouvant sur cette orbite ont-ils la même vitesse ? La même masse ? Justifier.

3. Sachant que la terre décrit autour du soleil en 365,25 jours une orbite de rayon $r'=1,496.10^{8}km$. Calculer la masse M_S du soleil.

Exercice 4

Un satellite supposé ponctuel, de masse m, décrit une orbite circulaire d'altitude h_1 autour de la Terre assimilée à une sphère de rayon R. On fera l'étude dans le référentiel géocentrique supposé galiléen.

1. Etablir l'expression de l'intensité g du vecteur champ de gravitation à l'altitude h_1 en fonction de sa valeur au sol g_o de R et h_1.

2. Déterminer l'expression de la vitesse V_1 du satellite, celle de sa période T_1 en fonction g_o de R_T et h_1 et celle de son énergie cinétique E_{C1} en fonction g_o, m, R et h_1. A.N: $h_1=400$ km ; $g_o=9,81m/s^2$; m= 1020kg ; R = 6400km.

3. L'énergie potentielle du satellite dans le champ de gravitation à l'altitude h_1 est donnée par la relation $E_{p1} = -\frac{GmM}{R+h_1}$, M est la masse de la Terre, G la constante universelle de gravitation.

3.1. Exprimer E_{P1} en fonction de m, R, g_o et h_1.

3.2 Donner l'expression de l'énergie mécanique E_{m1} en fonction de m, R, g_o et h_1.

Comparer cette énergie mécanique à l'énergie cinétique E_{C1} puis à l'énergie potentielle E_{P1}.

4. On fournit au satellite un supplément d'énergie, $\Delta E = +5,0.10^8$J, il prend alors une nouvelle orbite circulaire. Déterminer :

4.1. Sa nouvelle énergie cinétique E_{C2} et sa vitesse V_2.

4.2. Sa nouvelle énergie potentielle E_{P2} et son altitude h_2.

Exercice 5

On considère le mouvement de la Terre autour du Soleil dans le référentiel héliocentrique considéré comme galiléen. On suppose que ce mouvement se fait sur une trajectoire circulaire, de rayon r = 1,5. 10^{11} m.

On néglige l'action de tout autre astre et on s'aidera du schéma suivant :

1. Donner les caractéristiques de la force subie par la Terre et la représenter.

2. Appliquer la R.F.D à la Terre et montrer que son mouvement est uniforme.

3. En déduire l'expression du vecteur accélération de la terre en fonction de la constante de gravitation universelle G, de la masse du Soleil M_s du rayon r de la trajectoire et du vecteur unitaire $\vec{u}$; le représenter sans considération d'échelle sur le schéma.

4. Quelle relation peut-on alors écrire entre l'accélération a et la vitesse V du centre d'inertie de la Terre?

5. Donner l'expression de la vitesse V en fonction de la constante de gravitation universelle G, la masse du Soleil M_s et le rayon r de la trajectoire. Calculer la valeur de cette vitesse.

6. Donner l'expression de la période de rotation T de la Terre autour du Soleil en fonction de la vitesse V et du rayon r de sa trajectoire. Montrer alors qu'on peut écrire que $T = 2\pi r\sqrt{\frac{r}{GM_S}}$, puis calculer sa valeur.

On donne :G=6,67.10 $^{-11}$ S.I M_S=2.10 ^{30}kg

Exercice 6

Le lanceur européen Ariane a été conçu pour placer en orbite géostationnaire des satellites. Un satellite S supposé ponctuel de masse m évolue autour de la terre de masse M assimilée à une sphère homogène de centre O et de rayon R. L'étude sera effectuée dans le référentiel géocentrique considéré comme galiléen. On notera r la distance OS entre le centre O de la terre et la position S du satellite et on introduira le vecteur unitaire $\vec{u}$ dirigé de O vers S.

1.1 Exprimer le vecteur force d'attraction gravitationnelle $\vec{F}$ qu'exerce la terre sur le satellite en fonction de la constante de gravitation universelle G, M, m, r et le vecteur unitaire $\vec{u}$.

1.2 Montrer que le mouvement du satellite sur une orbite circulaire de rayon r est uniforme. Un schéma permettant de visualiser les vecteurs force, vitesse, accélération et le vecteur unitaire utilisé est exigé.

1.3 Etablir l'expression de la vitesse V du satellite sur la trajectoire circulaire de rayon r ainsi que celle de la période de révolution T autour de la terre en fonction de G, M, et r.

2.1. Qu'est-ce qu'un satellite géostationnaire? Dans quel plan se trouve l'orbite du satellite géostationnaire.

2.2. Calculer la valeur du rayon r_2 de l'orbite de ce satellite géostationnaire.

3. Il serait très onéreux de propulser la fusée porteuse directement jusqu'à l'orbite géostationnaire : on procède donc par transfert d'orbites. Le satellite est d'abord placé sur une orbite basse de rayon r_1 puis mené vers l'orbite géostationnaire de rayon r_2 à l'aide des moteurs propulseurs. Entre les deux orbites circulaires le satellite emprunte une orbite de transfert elliptique.

3.1. Exprimer l'énergie cinétique E_c du satellite sur une orbite circulaire de rayon r en fonction de G, M, m et r.

3.2. On donne l'expression de l'énergie potentielle gravitationnelle pour le satellite situé à une distance r du centre de la terre, en choisissant l'origine de l'énergie potentielle à l'infini. $E_p(r) = -\frac{GmM}{r}$. Exprimer l'énergie mécanique E_m du satellite sur une orbite circulaire de rayon r en fonction de G, M, m et r.

3.3. Exprimer successivement l'énergie mécanique E_m et l'énergie potentielle E_p en fonction de l'énergie cinétique E_c sur cette même orbite.

3.4. Exprimer l'énergie W fournie par les moteurs pour que le satellite passe de l'orbite basse de rayon r_1 à l'orbite géostationnaire de rayon r_2 en fonction de G, M, m, r_1 et r_2. Calculer W.

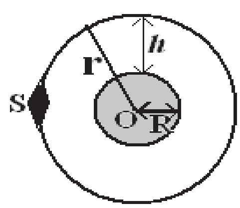
Données: $M = 6.10^{24}$ kg ; R = 6380 km ; m= 1000 kg ; r_1=6700 km

$G = 6{,}67.10^{-11}\ m^3\ kg^{-1}\ s^{-2}$.durée d'un jour T: $T^2 = (24\ h)^2 = 7{,}5.10^9\ s^2$; $\pi^2 = 10$

Exercice 7

On considère un satellite S de la terre de masse m ayant une orbite circulaire de rayon r dont le centre O est confondu avec le centre de la terre.

1. Donner les caractéristiques de la force de gravitation exercée sur ce satellite.



2. Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.

3. Trouver l'expression de la vitesse du satellite en fonction de l'accélération de la pesanteur g_0 au sol, du rayon R de la terre et du rayon r de l'orbite puis en fonction de la constante de gravitation G, de la masse M de la terre et du rayon r.

4. Ce satellite est géostationnaire :

4.1. Préciser le plan de l'orbite.

4.2. A quelle altitude est placé ce satellite.

4.3. Calculer sa vitesse angulaire et en déduire sa vitesse linéaire.

4.4 Calculer la masse M de la terre.

A.N : R=6400km;G=$6,67.10^{-11}$ S.I et g_0=9,8m/s².

Exercice 8

On étudie le mouvement d'un satellite terrestre dans le repère géocentrique. Le satellite décrit une orbite circulaire dans le plan équatorial de la terre.

1. Montrer que la vitesse V de ce satellite est cste.

2. Exprimer littéralement la vitesse V du satellite en fonction de g0(intensité de la pesanteur au niveau du sol) , R(de la terre) , h(altitude).Le satellite est en faite géostationnaire. Qu'est-ce qu'un satellite géostationnaire ?

3. Calculer le rayon de l'orbite de ce satellite en fonction de g_0 , R , ωT (vitesse angulaire de rotation de la terre) .

Données : g_0 = 9,8m/s² ; R = 6370km $\omega_T = 7,29.10^{-5}$ rad/s.

Dans quel domaine peut-on utiliser ce satellite ?

Exercice 9

La formule de l'attraction universelle entre deux corps s'écrit : $F = \dfrac{GM_1M_2}{d^2}$

Où G est une constante valant $6,67.10^{-11}$ S.I et d la distance entre les centres d'inerties des deux corps dont les masses sont M_1 et M_2.

1.1. Exprimer l'accélération de la pesanteur g_0 au niveau du sol en fonction de G, du rayon R de la terre et de la masse M de la terre.

1.2. Sachant que R =6400km, calculer M si g_0= 9,8m/s².

2. Exprimer en fonction de g_0 , R et h , l'accélération g de la pesanteur à une altitude h quelconque .

3. Un satellite artificiel de la Terre évolue à très haute altitude, où l'accélération g de la pesanteur a pour expression celle trouvée à la question 2; en décrivant une circonférence concentrique à la terre.

3.1. Déterminer la nature du mouvement du satellite.

3.2. Exprimer sa vitesse en fonction de g_0, R et h.

Quelle est cette vitesse si h = 36000km ? Quelle est alors la durée d'une révolution ? L'exprimer, en minutes et en heures. Si le satellite tourne dans le plan de l'équateur et dans le même sens de rotation que la terre ; conclure?

Exercice 10

La mise en orbite complète du satellite MSG-2 de masse $m = 2,0 \times 10^3$ kg s'accomplit en deux étapes. Dans un premier temps, il est placé sur une orbite circulaire à vitesse constante v_S à basse altitude $h = 6,0 \times 10^2$ km autour de la Terre et il n'est soumis qu'à la force gravitationnelle exercée par la Terre.
On choisit un repère (S, t, n) dans lequel t est un vecteur unitaire tangent à la trajectoire dans le sens du mouvement et n un vecteur unitaire perpendiculaire à la trajectoire orienté vers le centre de la Terre.
1. Donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle F exercée par la Terre sur le satellite en fonction des données.
2. En appliquant une loi de Newton, trouver l'expression du vecteur accélération a du centre d'inertie du satellite.
3. Sans souci d'échelle, représenter sur un schéma, à un instant de date t quelconque, la Terre, le satellite, le repère (S, t, n) ainsi que le vecteur accélération a.
4. Déterminer l'expression de la vitesse v du centre d'inertie du satellite. Vérifier que sa valeur est de l'ordre de $7,6 \times 10^3$ m/s sur son orbite basse.

Exercice 11

1. La force de gravitation s'exerçant entre la terre et le soleil vaut $F=3,5\ 10^{22}$ N. Connaissant la constante de gravitation $G=6,67\ 10^{-11}$ SI, la masse de la terre $Mt = 6\ 10^{24}$ kg et la distance terre soleil $d=1,5\ 10^8$ km, exprimer en fonction des données la masse Ms du soleil puis calculer sa valeur numérique.
2. Un satellite assimilé à un point matériel de masse m décrit d'un mouvement uniforme dans le champ de gravitation de la terre une orbite circulaire à l'altitude h= 400 km. L'orbite est située dans le plan équatorial de la terre et le rayon terrestre a pour valeur R=6400 km.
- Déterminer dans le repère géocentrique la vitesse V du satellite en fonction de G, Mt et r (r étant le rayon de la trajectoire). Calculer la valeur numérique de V.
-Déterminer dans le même repère, les expressions littérales et les valeurs numériques de la période T et de la vitesse angulaire ω du satellite.

Corrigé de l'exercice1

$1-1)\sum \vec{F}_{app} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{F} = m\vec{a}\ (1)$

Par projection sur la tangente :

$0 = ma_t \Rightarrow a_t = 0$ **donc :** $v = cste(mu)$

1 - 2Par projection sur la normale :

$$F = ma_n \Rightarrow \frac{GmM_T}{r_0^2} = \frac{mv_0^2}{r_0}$$

$$\text{donc : } v_0 = \sqrt{\frac{GM_T}{(R_T+h_0)}}$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{6{,}67.10^{-11}.5{,}98.10^{24}}{(6400.10^3+200.10^3)}} = 7{,}8Km/s$$

$1-3)v_0 T = 2\pi(R_T + h_0)$

$$\Rightarrow T = \frac{2\pi(R_T+h_0)}{v_0} = \frac{2\pi(6400.10^3+200.10^3)}{7{,}8.10^3} = 5{,}3.10^3\,s$$

2-1 Expression de E_{m0} en fonction de r_0

$$E_{m_0} = Ec_0 + Ep_0 = \frac{1}{2}mv_0^2 - \frac{GmM_T}{r_0}$$

$$E_{m_0} = \frac{1}{2}\frac{GmM_T}{r_0} - \frac{GmM_T}{r_0} = -\frac{GmM_T}{2r_0}$$

Expression de Em_0 en fonction de v_0

$$E_{m_0} = -\frac{GmM_T}{2r_0} = -Ec_0 = -\frac{1}{2}mv_0^2$$

2-2 Expression de l'Énergie mécanique :

$$E_m = E_c + E_p = \frac{mGM_T}{2r} - \frac{GM_T m}{r} = -\frac{mGM_T}{2r} = -E_c$$

Expression de l'Énergie potentielle :

$$E_P = -\frac{mGM}{r} = -2E_c$$

2. 3 Expression de l'Énergie W= $E_m(2)$- $E_m(1)$

L'énergie mécanique $E_m(1)$: $E_m(1) = -\frac{mGM}{2r_0}$.

L'énergie mécanique $E_m(2)$:

$$E_m(2) = -\frac{mGM}{2r}$$

D'où $W = E_m(2) - E_m(1) = -\frac{mGM}{2r} + \frac{mGM}{2r_0} = \frac{mGM}{2}\left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r}\right)$

2-2)

- $E_m = E_{mo}(1+\alpha t)$

$$-\frac{GmM_T}{2r} = -\frac{GmM_T}{2r_o}(1+\alpha t) \Leftrightarrow \frac{1}{r} = \frac{1}{r_o}(1+\alpha t) \Rightarrow r = \frac{r_o}{(1+\alpha t)}$$

Donc r diminue avec le temps

- $E_m = E_{mo}(1+\alpha t)$

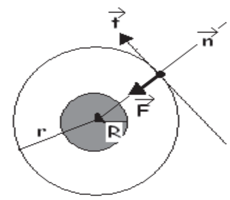
$$-\frac{1}{2}mv^2 = -\frac{1}{2}mv_0^{\,2}(1+\alpha t)$$

$$v = v_0\sqrt{(1+\alpha t)}$$

Donc V augmente avec le temps

Corrigé de l'exercice2

1.1 Calcul de V_1



En appliquant la R.F.D : $\Sigma\vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$

En projetant sur la tangente on obtient :

$a_t = 0 \Rightarrow v = cte \Rightarrow$ **mouvement uniforme.**

En projetant sur la normale on obtient :

$a_n = F/m$ **avec** $F = GMm/r_1^2$ **et** $a_n = v_1^2/r_1 \Rightarrow V_1 = \sqrt{\frac{GM}{r_1}}$

A.N : $V_1 = 7{,}56.10^3 m/s$

1.2 Expression de l'énergie mécanique

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}m\frac{GM}{r} + \frac{GMm}{R} - \frac{GMm}{r} \Rightarrow E_m = \frac{GMm}{R} - \frac{GMm}{2r}$$ **A.N :** $E_m = 7.10^9$ **J**

1.3 L'énergie E à fournir au satellite

$E = E'_m - E_m$ $E_m = \frac{GMm}{2}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{r'}\right)$ **A.N :** $E = 8.10^7 J$

2.1 Expression de la vitesse angulaire

$$F = \frac{GMM'}{r^2} = Mr\omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{GM'}{r^3}}$$

Expression de T : $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM'}}$

2.2 Expression du rapport

$$T^2 = 4\pi^2\frac{r^3}{GM'} \Rightarrow \frac{T^2}{r^3} = 4\pi^2 GM'$$

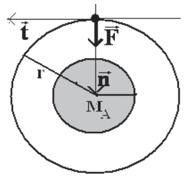
2.3 Calcul de T :

$$T = 6.28\sqrt{\frac{(1,5)^3.10^{33}}{6,67.10^{-11}x2.10^{30}}} = 3,16.10^7 s = 365,5j = 1an$$

Cette valeur est vraisemblable car elle correspond à la période de rotation de la terre autour du soleil.

Corrigé de l'exercice3

1.1 Nature du mouvement :



En appliquant la R.F.D : $\Sigma\vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$

En projetant sur la tangente on obtient :

$a_t = 0 \Rightarrow v = cte \Rightarrow$ **mouvement uniforme**

En projetant sur la normale on obtient : $a_n = F/m$ **avec** $F = GMm/r^2$ **et** $a_n = v^2/r$

$\Rightarrow r = GM/V^2 = cte \Rightarrow$ **trajectoire circulaire** $\Leftrightarrow$ **m.c.u**

1.2 Relation entre V, r, M_A, et G :

$a_n = v^2/r$ **et** $a_n = F/m \Rightarrow V = \sqrt{\frac{GM_A}{r}}$

1.3 Expression de V en fonction de T et r : $T = \frac{2\pi}{\omega}$ avec $\omega = \frac{V}{r} \Rightarrow T = 2\pi\frac{r}{V} \Rightarrow V = \frac{2\pi r}{T}$

Déduction de la relation $\frac{r^3}{T^2} = kM_A$

On a $T = 2\pi\frac{r}{V}$ or $V = \sqrt{\frac{GM_A}{r}} \Rightarrow T = 2\pi r\sqrt{\frac{r}{GM_A}} \Leftrightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GM_A} \Rightarrow \frac{r^3}{T^2} = \frac{GM_A}{4\pi^2} = kM_A$ avec $k = \frac{G}{4\pi^2}$

2.1 Calcul de la période du satellite :

$T = 2\pi r\sqrt{\frac{r}{GM_T}}$ **A.N : T≈ 86662s ≈24h.**

La période étant égale à celle de la terre, si le satellite tourne dans le plan de l'équateur et dans le même sens de rotation de la terre, il est dit géostationnaire.

2.2 Les satellites se trouvant sur cette orbite ont la même vitesse mais leurs masses peuvent être différentes car l'expression de la vitesse montre qu'elle ne varie qu'en fonction du rayon de l'orbite.

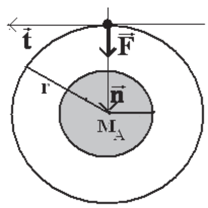
3. Calcul de la masse M_S du soleil.

$T = 2\pi r'\sqrt{\frac{r'}{GM_S}} \Leftrightarrow T^2 = \frac{4\pi^2 r'^3}{GM_S} \Rightarrow M_S = \frac{4\pi^2 r'^3}{T^2 G}$ **A.N :** $M_S = 1{,}9878.10^{30} \approx 2.10^{30}$**kg.**

Corrigé de l'exercice4

1. L'expression de g en fonction de g_0 , R et h_1

L'un des corps est la terre alors F = P



$\frac{GmM}{r^2} = mg \Leftrightarrow \frac{GM}{r^2} = g\ (1)$

au niveau du sol $g = g_0$ et $r = R$ alors $g_0 = \frac{GM}{R^2}\ (2)$

les relations (1) et (2) donne $g = \frac{g_0 R^2}{(R+h_1)^2}$

2. L'expression de V_1

En appliquant la R.F.D : $\Sigma\vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a}$

En projetant sur la normale on obtient $a_n = P/m$ **avec** $P = mg$

$P = m.\frac{g_0 R^2}{(R+h_1)^2}$ **et** $a_n = \frac{V_1^2}{R+h_1} \Rightarrow V_1 = R\sqrt{\frac{g_0}{R+h_1}}$ **V_1=7687m/s**

$$T_1 = 2\pi\frac{r}{V} = \frac{2\pi}{R}\sqrt{\frac{(R+h_1)^3}{g_0}} = 5555s \quad \text{et} \quad E_{C1} = \frac{1}{2}mV_1^2 = \frac{mR^2g_0}{2(R+h_1)} = 3.10^{10}\,J$$

3.1 L'expression de E_{P1} en fonction de m, R, g_0 et h_1:

comme $GM = g_0R^2$ alors $E_{P1} = -\frac{mR^2g_0}{R+h_1}$

Expression de l'énergie mécanique :

$$E_m = E_c + E_p = \frac{mR^2g_0}{2(R+h_1)} - \frac{mR^2g_0}{R+h_1} = -\frac{mR^2g_0}{2(R+h_1)}$$

Comparaison :

$$\frac{E_{m1}}{E_{c1}} = \frac{-\frac{mR^2g_0}{2(R+h_1)}}{\frac{mR^2g_0}{2(R+h_1)}} = -1 \Rightarrow E_{m1} = -E_{c1}$$

et

$$\frac{E_{m1}}{E_{P1}} = \frac{-\frac{mR^2g_0}{2(R+h_1)}}{-\frac{mR^2g_0}{R+h_1}} = \frac{1}{2} \Rightarrow E_{m1} = \frac{E_{P1}}{2}$$

4.1. Calcul E_{C2}

$$\Delta E = \Delta E_m = -\Delta E_c = -(E_{c2} - E_{c1})$$

$$\Rightarrow E_{c2} = E_{c1} - \Delta E = E_{c1} - \Delta E \quad \text{A.N} : E_{c2} = 3.10^{10} - 5.10^8 = 295.10^8\,J$$

Calcul V_2

$$E_{C2} = \frac{1}{2}mV_2^2 \Rightarrow= V_2 = \sqrt{\frac{2E_{C2}}{m}} = 7605\,m/s$$

4.2 Calcul E_{P2}

$$\Delta E = \Delta E_m = E_{m2} - E_{m1} = \frac{Ep2 - Ep1}{2} \Rightarrow E_{p2} = E_{p1} + 2\Delta E = 2E_{m1} + 2\Delta E = -2E_{c1} + 2\Delta E$$

$$E_{p2} = 2(\Delta E - E_{c1}) = -2E_{c2} = -2x295.10^8 = -59.10^9\,J$$

Calcul de h_2

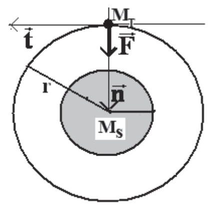
$$E_{P2} = -\frac{mR^2g_0}{R+h_2} \Rightarrow R + h_2 = -\frac{mR^2g_0}{E_{P2}}$$

$$\Rightarrow h_2 = -\frac{mR^2g_0}{E_{P2}} - R = -\frac{mR^2g_0}{E_{P2}} - R$$

$$h_2 \simeq 546,7km$$

Corrigé de l'exercice5

1. Les caractéristique de $\vec{F}$:



$\vec{F}\begin{cases}\text{-direction:la normale}\\ \text{-sens:de la terre vers le soleil}\\ \text{-pt d'application: centre de la terre}\\ \text{-module:}F=\dfrac{GM_TM_S}{r^2}\end{cases}$

2. Nature du mouvement :

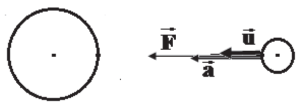
En appliquant la R.F.D : $\Sigma\vec{F}_{ext} = M_T\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = M_T\vec{a}$

En projetant sur la tangente on obtient :$a_t = 0 \Rightarrow v = cte \Rightarrow$ **mouvement uniforme**

3. Déduction de l'expression de l'accélération

$$\Sigma\vec{F}_{ext} = M_T\vec{a} \Leftrightarrow \frac{GM_SM_T}{r^2}\vec{u} = M_T\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{GM_S}{r^2}\vec{u}$$

voir Schéma



4. Relation entre a_n et V, r

$$a = \frac{V^2}{r},$$

5. Expression de V :

$$a = \frac{V^2}{r} \text{ et } a = \frac{GM_S}{r^2} \Leftrightarrow V = \sqrt{\frac{GM_S}{r}} \quad V=2,8.10^4 m/s$$

6. Expression de T en fonction de V et r : $T = \dfrac{2\pi}{\omega}$ avec $\omega = \dfrac{V}{r} \Rightarrow T = 2\pi\dfrac{r}{V}$

On a $T = 2\pi\dfrac{r}{V}$ or $V = \sqrt{\dfrac{GM_S}{r}} \Rightarrow T = 2\pi r\sqrt{\dfrac{r}{GM_S}}$ **A.N : $T \approx 3,17.10^7 s \approx 1$an.**

Deuxième partie

Electromagnétisme

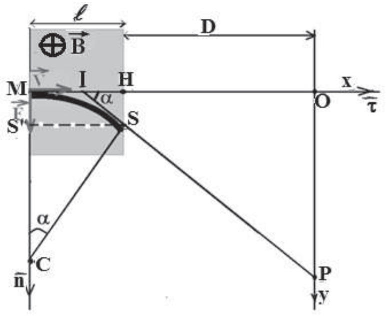
Action d'un champ magnétique sur une particule chargée

- **Lorsqu'une particule de charge q pénètre avec la vitesse $\vec{V}$ dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, elle subit une force $\vec{F}$ de Lorentz**

  $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$ **dont l'intensité est** $F = |q|.V.B.|\sin(\widehat{\vec{V},\vec{B}})|$

  $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$

- **Lorsque q=0 ou $\vec{B} = \vec{0}$ ou $\vec{V} = \vec{0}$ ou $\vec{B} // \vec{V}$ alors F=0**
- **Lorsque $\vec{B} \perp \vec{V}$ alors $F = |q|VB$**
- **La puissance de la force de Lorentz est nulle car $\vec{B}.\vec{V} = 0$ son travail l'est également alors l'énergie cinétique est conservée**
- **La particule chargée entrant dans un champ magnétique avec une vitesse perpendiculaire au champ décrit dans un plan perpendiculaire au champ un mouvement circulaire et uniforme (m.c.u) dont la trajectoire a pour rayon $r = \frac{mV}{|q|B}$.**
- **La déviation angulaire α est l'angle formé par les tangentes à la trajectoire aux points d'entrée M et de sortie S. Dans le triangle rectangle (SS'C), on a :**



$$\sin\alpha = \frac{SS'}{CS} = \frac{l}{r}$$

- **La déviation linéaire OP est la distance verticale correspondante sur l'écran à la déviation angulaire.**

Dans le triangle rectangle (I, O, P), on a :

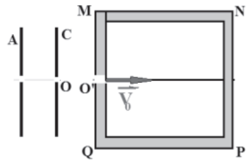
$$\tan\alpha = \frac{OP}{IO} \Rightarrow OP = IO\tan\alpha = (IH + HO)\tan\alpha$$

Si α est petit et si l << D où D est la distance normale entre le point de sortie S et l'écran, nous aurons : $OP = D.\alpha = D.\frac{l}{r}$

Exercice1

Dans tout l'exercice on néglige le poids de l'électron devant les autres forces.

Les électrons se déplacent dans une enceinte où règne le vide.



1. Des électrons sont accélérés entre deux plaques A et C par une tension U = 2560 V. Les électrons, au repos en A, traversent la plaque C percée d'un trou O avec une vitesse V

1.1. Sur un schéma, indiquer la direction et le sens du champ électrique existant entre les plaque A et C

1.2. Exprimer la vitesse V des électrons en fonction de la charge élémentaire e, de la masse m d'un électron et de U. Calculer V.

Données numériques : $e = 1{,}6.10^{-19}$ C $m = 9{,}1.10^{-31}$kg

2. Au delà de C, les électrons pénètrent en O' dans une zone de champ magnétique uniforme de valeur B, dont la trace sur le schéma est un carré MNPQ de 12 cm de coté (OO' est perpendiculaire à MQ et O' est le milieu de MQ) le vecteur $\vec{B}$ est perpendiculaire au plan de la figure.

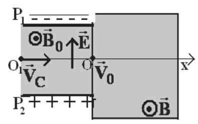
2.1. Avec la convention habituelle indiquer le sens du champ magnétique qui produit une déviation de la trajectoire des électrons vers le haut.

2.2. Montrer que le mouvement des électrons est uniforme et circulaire dans la zone de champ magnétique. Etablir l'expression du rayon de la trajectoire en fonction de m, e, B et v

2.3. Quelle valeur minimale faut-il donner à B pour que les électrons décrivent un demi-cercle. Dans ces conditions quel est le temps mis par un électron pour parcourir le demi-cercle qui amène les électrons en M ?

3. La valeur de B est maintenant égale à 1mT. Les électrons sortent de la zone de champ magnétique entre N et P. Calculer l'angle α qui caractérise la déviation angulaire de la trajectoire des électrons.

Exercice2



Des ions potassium ${}^{A_1}_{19}K^+$ et ${}^{A_2}_{19}K^+$ pénètrent par l'ouverture O_1 suivant l'axe O_1x avec la vitesse $\vec{V}_C$ (voir fig).

Ils passent entre deux plaques parallèles P_1 et P_2 distante de d et qui permettent d'obtenir un champ électrique $\vec{E}$ crée par une tension $U = V_{P_2} - V_{P_1}$.

Dans toute la région où règne le champ électrique $\vec{E}$, on produit également un champ magnétique uniforme $\vec{B}_0$ perpendiculaire à $\vec{E}$ et à O_1x.

1. Montrer que les ions dont la vitesse est $V_C = \frac{E}{B_0}$ ne sont pas déviés et sortent par l'ouverture O. Calculer V_C pour $B_0 = 10^{-1}T; d = 5cm$ et $U = 500V$.

2. Les ions $^{A_1}_{19}K^+$ de masse m_1 et de charge q sortent du trou O à l'origine des dates avec la vitesse $\vec{V}_0$ en pénétrant dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure et d'intensité B=0,5T(voir fig).

Le mouvement de l'ion est supposé dans le vide et sa vitesse $\vec{v}_0$ d'entrée dans le champ magnétique a pour module $V_0=10^5$ m/s.

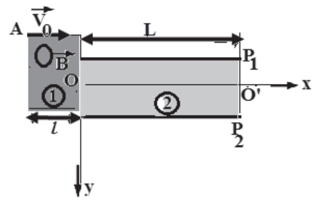
2.1. Déterminer les caractéristiques de la force magnétique $\vec{F}$ exercée en O sur l'ion. Comparer l'intensité F de cette force à celle du poids de l'ion. Que peut-on conclure. On donne : $A_1=39$; $e=1,6.10^{-19}C$; $m_n = m_p =1,67.10^{-27}kg$.

2.2. En appliquant la R.F.D à l'ion à une date t quelconque, montrer que le vecteur accélération est à tout instant perpendiculaire au vecteur vitesse. En déduire que le module du vecteur vitesse reste constant au cours du mouvement.

2.3. Exprimer, à une date t quelconque, le rayon r de la trajectoire de l'ion en fonction de m, B, V_0 et e. Calculer r. Que peut-on dire quant à la nature du mouvement de l'ion ?

Exercice3

1. Un proton de charge q pénètre au point A dans la région ① de largeur *l* où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ avec la vitesse horizontale $\vec{V}_0$ (fig).



1.1. Déterminer le sens de $\vec{B}$ pour que le proton sorte du champ magnétique au point O. (faire un schéma clair).

1.2. Montrer que le mouvement du proton est un mouvement circulaire uniforme et donner l'expression du rayon R de la trajectoire.

1.3. Placer sur le schéma l'angle de déviation angulaire α et calculer sa valeur.

1.4. Préciser les caractéristiques du vecteur vitesse au point de sortie O.

2. A la sortie de la région ①, le proton pénètre dans la région ②où règne un champ électrique uniforme $\vec{E}$ qui existe entre deux plaques P_1 et P_2 distantes de d et de longueur L .

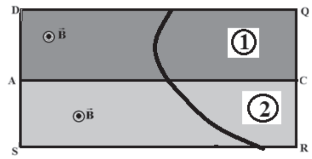
2.1. Déterminer le signe de la tension $U = V_{P1} – V_{P2}$ pour que le proton passe par le point O'.

2.2. Etablir l'équation de la trajectoire du mouvement du proton dans la région ②.
2.3. Trouver les coordonnées du point le plus bas C de la trajectoire sachant que le proton n'atteint pas la plaque P_2.
On donne : $V_0 = 10^6$ m/s ; B = 0,2 T ; E = 10^5 V/m ; *l* = 2,6 cm ;
$m_P = 1{,}67.10^{-27}$ kg ; e = $1{,}6.10^{-19}$ C.

Exercice4

Le poids de la particule est négligeable.

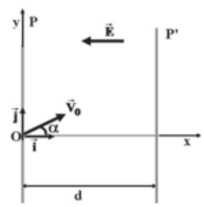
1. Une particule de masse m et de charge q traverse une région DQRS où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ voir fig 1. La particule décrit deux arcs de cercle de rayon R_1 et R_2 respectivement dans les parties ①et ② de la région telle que $R_2=3R_1$. Elle ralentit en franchissant la surface AC séparant les deux parties.



1.1 Etablir l'expression de R_1 et de R_2 en fonction de q, m, B et des vitesses respectives V_1 et V_2 de la particule.
Dans quel sens se déplace la particule (de ① vers ② ou bien de ② vers ①) ?
1.2 Quel est le signe de la charge de la particule ? Justifier la réponse.
1.3 Calculer la charge massique $\frac{|q|}{m}$ et identifier la particule.

On donne: B=0,5T Vitesse d'entrée V=6.10^7m/s, R_1=41,6cm, e=$1{,}6.10^{-19}$C, $m_{e-}= 9{,}1.10^{-31}$kg , $m_p=1{,}67.10^{-27}$kg, $m_{He^{2+}}=6{,}68.10^{-27}$kg.

2. Après la sortie du champ $\vec{B}$ la particule pénètre en O avec une vitesse $\vec{V}_0$ à un instant pris comme origine des instants t=0 dans une région R comprise entre deux plans parallèles P et P' distant de d, il existe un champ électrique $\vec{E}$ crée par des électrodes constituée de fins grillages métalliques disposées suivant P et P'. $\vec{E}$ est nul à l'extérieur de R voir fig 2 et $\vec{V}_0$ fait α avec Ox.



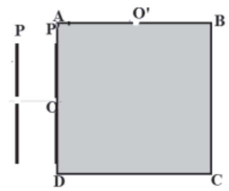
2.1. Représenter la force électrique qui s'exerce sur la particule en O.
2.2 Etablir l'expression de l'équation de la trajectoire de la particule dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$. Quelle est sa nature ?
2.3. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, exprimer la composante V_x de la vitesse en fonction de x.
2.4. Calculer la valeur V_F de la vitesse de la particule ainsi que l'angle β qu'elle fait avec l'horizontale au moment où elle arrive dans le plan P' au point F.
2.5. Exprimer le rapport $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$ en fonction de q, E, d, m, et V_0.

Données : $V_0 = 2.10^6$m/s, E =5.10^4V/m, d = 10^{-1} m, α = 10°

Exercice 5

Les particules se propagent dans le vide et on néglige leur poids devant les autres forces.

1. Des ions $^{24}Mg^{2+}$ produits dans une chambre d'ionisation pénètrent sans vitesse dans un accélérateur constitué de deux plaques métalliques P et P' entre lesquelles est appliquée une tension électrique réglable $U=V_P - V_{P'}$ (voir fig).



1.1. Déterminer le signe de la tension U pour que les ions soient accélérées de P vers P'.

1.2. Etablir l'expression de la vitesse de l'ion à son passage par le point O en fonction de m, e et U. la calculer.

2. A la sortie de l'accélérateur les ions passent dans un champ magnétique $\vec{B}$, perpendiculaire au plan de la figure, crée dans une zone carrée ABCD de coté a.

Les ions pénètrent dans cette zone au point O milieu de AD.

2.1. Déterminer le sens du champ magnétique $\vec{B}$ pour que les ions soient déviés vers le haut.

2.2. Montrer que le mouvement, dans le champ magnétique, des ions est uniforme et circulaire. Déterminer l'expression du rayon de la trajectoire en fonction de e, U, B et m.. Calculer sa valeur.

2.3. Calculer la valeur de la déviation angulaire α.

3. Calculer la valeur U' de la tension pour que les ions sortent par le trou O' après avoir décrit un quart de cercle de rayon AO=AO'.

4. A quelle valeur U'' faut-il régler la tension entre les plaques P et P' pour faire sortir dans les mêmes conditions par la fente O' des ions $^{23}Mg^{2+}$ isotopes de $^{24}Mg^{2+}$

Données :a=5cm ; B=0,2T ; U= 5000V. e= $1,6.10^{-19}$C, $m_P=1,67.10^{-27}$kg..

Exercice6

On ne tiendra pas compte de la pesanteur.

1. On considère deux plaques P et N, conductrices, parallèles, verticales et distantes de d =10 cm. La tension entre ces plaques est $U= V_P - V_N =6.\ 10^4$ V. Une source émet des ions argent Ag^+, avec une vitesse nulle, au travers d'une fente S placée dans la plaque P.

1.1. Quelle est la nature du mouvement d'un ion Ag^+ de masse m entre les deux plaques?

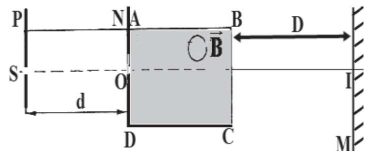
1.2. Quelle est l'expression littérale de la vitesse de ces ions à leur arrivée en O, sur la plaque N?

1.3. L'argent est un mélange de 2 isotopes $^{107}Ag^{+}$ et $^{109}Ag^{+}$.

Calculer numériquement la vitesse de chaque isotope à son arrivée en O.

On donne: $m_P = m_n = 1,67 .10^{-27}$kg ; e=$1,6.10^{-19}$C.

2. Les ions Ag^{+} traversent en O la plaque N par une fente et sont alors soumis à un champ magnétique uniforme, de vecteur $\vec{B}$ normal à leur trajectoire dans une zone ABCD rectangulaire de longueur L=4cm de largeur l=3cm. Le point O est le milieu de [A, D]. (voir figure).



2.1. Déduire le sens du vecteur champ $\vec{B}$ dans la zone pour que les ions soient déviés vers le bas.

2.2. Montrer qu'ils sont animés d'un mouvement circulaire uniforme ; établir l'expression du rayon de courbure r en fonction de : e, U, B et de la masse m d'un ion .Calculer numériquement r pour chaque isotope si B= 1 T.

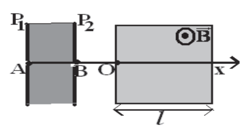
2.3. Le point M est le point d'impact des ions Ag^{+} sur un écran situé à la distance D comme l'indique la fig, I est le point d'intersection de l'axe (x'x) avec l'écran.

Sachant que L est négligeable devant D ; établir l'expression de la déflexion magnétique Y=IM en fonction de e, m, , B, L, V et D puis en fonction de m, e, U, B, L et D. (On considère que $\sin\alpha=\tan\alpha=\alpha$(rad

3. Etablir l'expression de la valeur minimale à donner au champ magnétique B pour que les ions décrivent un demi-cercle. Calculer numériquement B pour chaque isotope.

Exercice7

Des ions d'hélium $^{3}_{2}He^{2+}$ et $^{A}_{2}He^{2+}$ sont produits en un point A avec une vitesse nulle. Ils sont d'abord accélérés entre les plaques P_1 et P_2 par une tension $U=V_{P1}-V_{P2}$ qui leurs permet de traverser le trou B avec une vitesse non nulle puis pénètrent en O dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ orthogonal au plan de la figure.



Le champ $\vec{B}$ n'existe que dans une zone de largeur *l* = 1,5cm.

1.1. Quel doit être le signe de U pour que les ions traversent le trou B ? Pourquoi ?

1.2. Etablir l'expression de la vitesse V_1 de l'ion $^{3}_{2}He^{2+}$ au trou B en fonction de sa masse m_1, de sa charge q et de la tension U. Calculer V_1.

A.N :, |U|=100V, mp=$1,6710^{-27}$kg, B=3.10^{-2} T.

2. Les ions $^{3}_{2}He^{2+}$ pénètrent en O dans le champ magnétique uniforme $\vec{B}$ avec la vitesse V_1.

2.1. Quelle est la nature du mouvement de $^{3}_{2}He^{2+}$ dans le champ $\vec{B}$

2.2. Trouver l'expression du rayon r_1 de la trajectoire de $^{3}_{2}He^{2+}$ en fonction de B, e, m_1 et U. Calculer r_1.

2.3. Soit α_1 l'angle que fait la trajectoire de l'ion $^{3}_{2}He^{2+}$ après sa sortie du champ magnétique $\vec{B}$ avec l'axe Ox ; calculer l'angle de déviation α_1.

3. En faite les trajectoires des deux ions $^{3}_{2}He^{2+}$ et $^{A}_{2}He^{2+}$ sont différentes. Soient m_2 la masse de l'ion $^{A}_{2}He^{2+}$ et r_2 le rayon de sa trajectoire.

3.1. α_2 étant la déviation angulaire de l'ion $^{A}_{2}He^{2+}$, montrer que le rapport $\frac{\alpha_2}{\alpha_1}$ ne dépend que des masses m_1 et m_2.

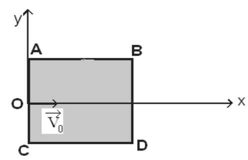
On supposera que les deux angles sont petits ($\sin\alpha=\tan\alpha=\alpha$(rad)).

3.2. Calculer la masse atomique A de l'ion $^{A}_{2}He^{2+}$ sachant que $\alpha_2 = 0,216$rad.

Exercice8

Des ions $^{27}Al^{3+}$ pénètrent en O avec une vitesse $\vec{V_0}$ horizontale de valeur $V_0 = 400$ Km/s dans un plan de l'espace ABCD vertical de forme carré, de côté 10 cm. On donne AO = OC.

On négligera le poids des ions devant les forces électriques et magnétiques.



1. Dans la région ABCD règne un champ électrique uniforme $\vec{E}$, vertical orienté du bas vers le haut et d'intensité E = 200 KV/m.

1-1 Montrer que la trajectoire des ions reste dans le plan ABCD.

1-2 Ecrire l'équation de cette trajectoire.

1-3 Trouver les coordonnées du point de sortie S_1 des ions du champ électrique.

2. Dans la région ABCD règne un champ électrique uniforme $\vec{E}'$ de même direction et de même sens que $\vec{V_0}$ de valeur E' = 200 KV/m. Déterminer les coordonnées du point de sortie S_2 des ions de ce champ et leur vitesse V_1 en ce point.

3. Dans la région ABCD règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ horizontal, perpendiculaire à $\vec{V_0}$ et sortant de valeur B = 0,4 T.

3.1. Montrer que la trajectoire des ions est dans le plan ABCD.

3.2. Calculer le rayon de cette trajectoire.

3.3. Déterminer les coordonnées du point de sortie S_3 des ions de la région ABCD. On rappelle l'équation du cercle : $(x-x_C)^2+(y-y_C)^2=R^2$ tel que C est le centre du cercle.

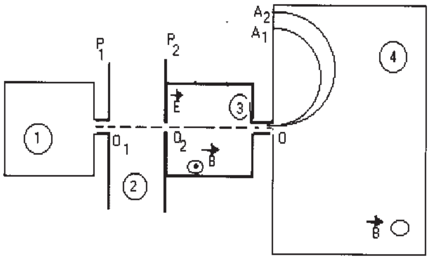
4. Dans la région ABCD règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ de même direction et de même sens que $\vec{V_0}$ de valeur B = 0,4T.

Donner les coordonnées du point de sortie S_4 des ions de la région ABCD et la vitesse V_2 des ions en ce point. On donne: $m_P=1{,}67.10^{-27}$Kg, e = 1,6. 10^{-19}C .

Exercice9

Dans cet exercice le mouvement des ions se fait dans le vide et on néglige leur poids devant celui des autres forces.

On utilise le spectrographe de masse de la fig 1 pour séparer les isotopes ^{79}Br et ^{81}Br



1. Les atomes sont d'abord ionisés dans la chambre d'ionisation①. Les ions formés portent alors la même charge q = -e et sortent de cette chambre en un point O_1 avec une vitesse de valeur négligeable.

Puis ils sont accélérés dans la chambre d'accélération ② par la tension $U = V_{P1}-V_{P2}$ appliquée entre les deux plaques P_1 et P_2 et arrivent en O_2 avec des vitesses de même direction et de même sens mais ayant des valeurs différentes.

Afin de sélectionner une seule vitesse V_0 en O, on impose aux ions, dans le filtre de vitesse (chambre③) un champ magnétique $\vec{B}$ et un champ électrique $\vec{E}$ comme l'indique la figure.

1.1. Montrer que l'énergie cinétique est la même pour touts les ions en O_2

1.2. Déterminer le sens de $\vec{E}$ pour que la force $\vec{F_e}$, électrique, soit opposée à la force magnétique $\vec{F_b}$.

1.3. Montrer que la vitesse V_0 au point O est indépendante de la charge électrique q. Calculer V_0 si E = 2.10^3 V/m et B = 0,05T.

2. Les ions ainsi sélectionnés arrivent théoriquement avec la vitesseV_0 dans la chambre ④ de déviation où ils sont soumis uniquement au champ magnétique précédent.

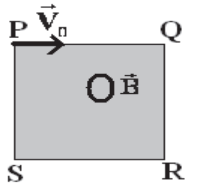
2.1. Préciser le sens du vecteur $\vec{B}$ pour que les ions parviennent en A_1 et A_2.

2.2. Montrer que le mouvement des ions dans cette chambre est circulaire et uniforme. En déduire l'expression des rayons R_1 et R_2 des trajectoires en fonction de e, V_0, B et m_1 ou m_2.

2.3. Calculer la distance entre les points A_1 et A_2.On précisera à quel ion correspond chaque point.

Exercice10

Des particules pénètrent dans un champ magnétique après avoir été accélérées par un champ électrique à partir d'une vitesse négligeable. Dans le carré PQRS de 5cm de coté, le champ magnétique $\vec{B}$ orthogonal au plan du carré est constant d'intensité 2,5T.



A la sortie du champ électrique, les particules entre en P dans le champ magnétique avec une vitesse $\vec{V}_0$ colinéaire à $\overrightarrow{PQ}$ (voir fig).

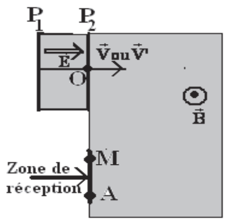
1. Les particules sont des noyaux d'hélium He^{2+}.

1.1. Préciser le sens de $\vec{B}$ pour que les particules parviennent en R. Déterminer la nature de la trajectoire des particules entre P et R.

1.2. Déterminer la valeur du vecteur vitesse $\vec{V}_0$ d'injection des particules en P dans le champ magnétique et préciser les caractéristiques de leur vecteur vitesse au point R. Calculer la valeur de la tension accélératrice U nécessaire pour obtenir V_0 .On donne : $m_{He^{2+}} = 6,64.10^{-27} kg$

2. Les particules sont des noyaux de lithium Li^+ mélange d'isotopes $^6Li^+$ et $^7Li^+$ de masses respectives m et m'. Les ions entrent en P avec les vitesses respectives V et V'. La tension accélératrice régnant entre deux plaques P_1 et P_2 est $U' = V_{P_1} - V_{P_2}$.(voir fig).

2.1. Etablir la relation $\frac{V}{V'} = \sqrt{\frac{m'}{m}}$.



2.2. Les ions Li^+ pénètrent en P dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}'$ orthogonal au plan du schéma et parviennent dans la zone de réception indiquée sur la fig Exprimer la distance MA entre les traces des deux types d'ions à leur arrivée dans la zone de réception en fonction de B' m, m', U' et de la charge élémentaire e.

Calculer MA.A.N: $U' = 10^4 V; B' = 0,2T; m = 6x1,67.10^{-27}kg; m' = 7x1,67.10^{-27} kg$ et $e = 1,6.10^{19} C$

Exercice11

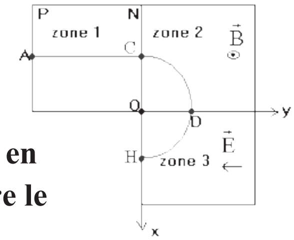
Dans cette partie, on négligera le poids de particules chargées.

Un faisceau de particules de charge q=1,6.10^{-19} C et de masse m=1,6.10^{-27}Kg pénètre par le trou A d'un accélérateur (zone 1) avec une vitesse nulle. Ces particules chargées sont accélérées sous l'action d'une d.d.p positive $U=U_{PN}$=200V établie entre les plaques parallèles et verticales P et N.

Elles parviennent au trou C avec une vitesse de valeur V_C.

1. Etablir l'expression de v_C en fonction de q; m et U. Faire l'application numérique.

2. Le faisceau pénètre ensuite dans une région où règne un champ magnétique uniforme (zone 2) dans laquelle il décrit un quart de cercle de rayon R=20cm avant de passer à travers le trou D.



2.1.Etablir l'expression de la valeur du champ magnétique en fonction de m; q; R; v_C puis en fonction de U; R et v_C. Faire le calcul numérique.

2.2. Donner les caractéristiques (direction et valeur) du vecteur vitesse des particules à la traversée du trou D.

3. Le faisceau de particules pénètre enfin dans une région dans laquelle règne un champ électrostatique uniforme parallèle à l'axe Oy (zone 3).

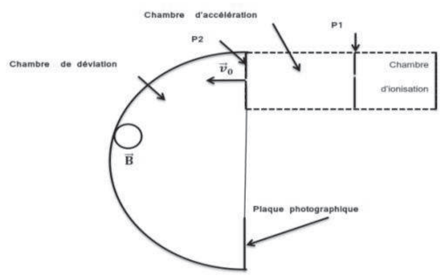
3.1. Etablir les équations horaires du mouvement projeté sur les axes Ox et Oy.

3.2. En déduire l'équation et la nature de la trajectoire.

3.3. Sachant que le faisceau de particules sort par le trou H situé à la distance R=20cm du point O. Exprimer dans cette condition la valeur du champ électrostatique en fonction de m; q; V_C et R puis en fonction de U et R. A.N.

Exercice 12

La partie accélératrice d'un spectrographe de masse est constituée de deux plaques conductrices P_1 et P_2 verticales et parallèles. On applique entre ces deux plaques une tension électrique positive U. une particule de masse m et de charge q positive, arrive au niveau de la plaque P_1 avec une vitesse quasi-nulle. Elle arrive au niveau de la plaque P_2 avec une vitesse horizontale $\overrightarrow{V_0}$. Elle pénètre ensuite avec cette vitesse dans un champ magnétique de valeur B.



1.1. Sur le schéma de la page 3, représenter les signes des charges des plaques accélératrices P_1 et P_2, le sens du vecteur champ électrique $\vec{E}$.

1.2. Montrer que la valeur de la vitesse à la sortie du champ électrique s'exprime par $V_0 = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$

2.1. Rappeler les caractéristiques de la force de Lorentz.

2.2. On admet que le mouvement est plan et se fait dans le plande la figure. Indiquer sur la figure le sens du vecteur champ magnétique$\vec{B}$.

2.3. Montrer que le mouvement de la particule dans le champ magnétique est uniforme.

2.4. Montrer que la trajectoire est circulaire de rayon $R = \frac{mV_0}{qB}$.

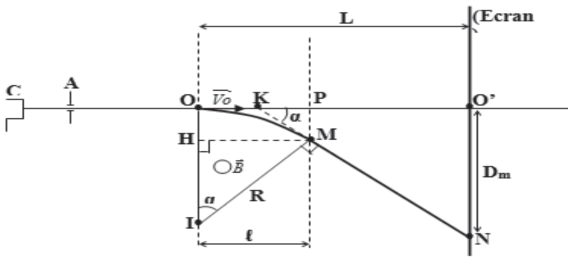
3. Dans un spectrographe de masse, des ions $^{39}K^{+}$ et $^{41}K^{+}$ initialement immobiles, sont accélérés par une tension U = 2000 V. Ils pénètrent ensuite dans un champ magnétique de valeur $B = 10^{-2}$T avec les vitesses horizontales respectives $\vec{V_1}$ et $\vec{V_2}$.

Quelle est la distance qui sépare, sur la plaque photographique indiquée sur le schéma, les impacts des deux types d'ions ?

Les masses des ions $^{39}K^{+}$ et $^{41}K^{+}$ sont respectivement $m_1 = 6{,}513.10^{-26}$ kg et $m_2 = 6{,}847.10^{-26}$ kg. Les ions ont la même charge $q = 1{,}6.10^{-19}$ C

Exercice13

Dans un tube cathodique, des électrons sont émis sans vitesse initiale par une cathode C et accélérés par l'anode A ; ils pénètrent en O avec une vitesse horizontal $\vec{V_0}$dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure, de largeur l.



1. Calculer la tension accélératrice U entre l'anode et la cathode. On donne $V_0 = 10^7$m.s^{-1}

2. Donner le sens de $\vec{B}$pour que les électrons soient déviés vers le bas.

3.

3.1. Quelle est la nature du mouvement des électrons dans le champ magnétique$\vec{B}$?

3.2. Calculer la grandeur caractéristique de la trajectoire si $B=10^{-3}$ T.

4. Un écran (E), placé à une distance L = 50cm de O reçoit le faisceau d'électrons.

Calculer la déviation (D_m) sur l'écran du faisceau, provoquée par le champ magnétique$\vec{B}$, sachant que l= 1cm et $l \ll$ L.

5. Dans l'espace de longueur l= 1cm, on fait agir simultanément le champ

magnétique $\vec{B}$ précédent et un champ électrostatique $\vec{E}$ afin que l'on n'observe plus de déviation sur l'écran (E).

5.1. Représenter sur un schéma, les vecteurs $\vec{E}, \vec{B}$ et les forces appliquées à l'électron.

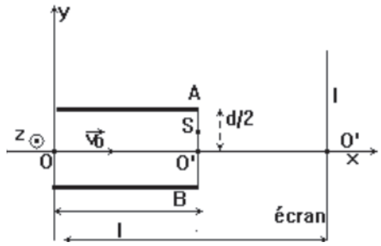
5.2. Calculer l'intensité du champ électrostatique $\vec{E}$

On négligera le poids de l'électron devant les autres force et on donne :
$e=1,6.10^{-19}C$; $m_{e-}=9,1.10^{-31}Kg$

Exercice14

Deux plaques métalliques notées A et B, de coté, sont placées parallèlement et horizontalement l'une et l'autre dans une enceinte où règne un vide poussé. La distance entre les deux plaques est notées d. (voir figure).

Un faisceau homocinétique de protons pénètre, entre les plaques A et B, au point O avec une vitesse initiale horizontale et de valeur V_0. Soient q et m respectivement la charge et la masse d'un proton.



1. Donner la direction et le sens du vecteur champ électrique créé entre les plaques A et B pour que le faisceau de protons soit dévié vers le haut (point S du schéma).

2. Quel est alors le signe de la tension U?

3. Etablir la trajectoire d'un proton entre O et S. Préciser sa nature.

4. Les protons sortent du champ au point S et sont reçus en I sur un écran placé perpendiculairement à l'axe. Quelle est la nature de leur trajectoire entre les points S et I?

Exercice15

D = 40 cm ; ℓ = 1 cm ; d = 10 cm ; m = $9,1.10^{-31}$ kg ; E = 5.10^{4} $V.m^{-1}$.

Dans tout l'exercice, on négligera le poids de l'électron devant les autres forces qui agissent sur lui.

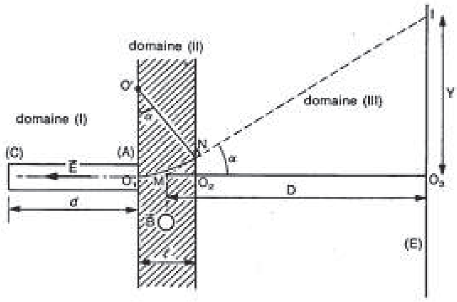
1. Des électrons de masse m et de charge q sont émis sans vitesse initiale par la cathode (C). Ils subissent sur la longueur d, l'action du champ électrique uniforme E.

1.1. Quelle est la nature du mouvement de l'électron entre la cathode (C) et l'anode (A)?

1.2. Que vaut la vitesse V_0 d'un électron au point O_1 ?

2. Arrivés en O_1, les électrons subissent sur la distance l l'action d'un champ magnétique uniforme B perpendiculaire au plan de la figure (le domaine où règne ce champ B est hachuré).

Quel doit être le sens du vecteur B pour que les électrons décrivent l'arc de cercle O_1N? Justifier la réponse.
Établir l'expression du rayon
R = $O'O_1$ = $O'N$ de cet arc de cercle.
A.N: Calculer R pour B = 2.10^{-3} T.



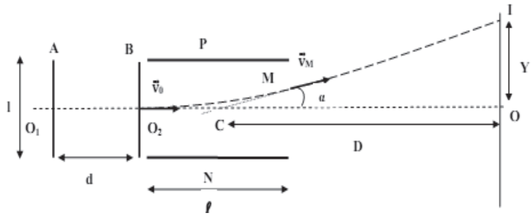
3. Quelle est la nature du mouvement de l'électron dans le domaine III où n'existe aucun champ ?
4. Le domaine III est limité par un écran (E) sur lequel arrivent les électrons.
Exprimer en fonction de m, e, B, D, ℓ et V_0 la déflexion magnétique O_3 I = Y subie par un électron à la traversée du système II +III.
La droite IN coupe l'axe O_1O_2 au point M. L'écran E est à la distance D de ce point M.
On fera les hypothèses simplificatrices suivantes :
- dans le domaine II de l'espace, on peut confondre la longueur de l'arc avec la longueur O_1O_2 = ℓ où règne le champ $\vec{B}$
- on supposera que la déviation angulaire est faible.
Sachant que Y= 3,35 cm, retrouver la valeur v_0 de la vitesse de l'électron au point O_1.

Exercice16

Entre deux plaques A et B, distantes de d=5cm on établit une tension de valeur absolue U=1kV. La plaque A comporte un orifice O_1 et la plaque B un orifice O_2 tels que la droite (O_1O_2) soit parallèle au champ électrique. Un électron de masse me=$9,1.10^{-31}$kg et de charge q= - $1,6.10^{-19}$C est mis en mouvement rectiligne uniformément accéléré à partir de l'orifice O_1 où sa vitesse est supposé nulle.
1.1. Monter que la valeur du poids $\vec{P}$ de l'électron est négligeable devant celle de la force électrique $\overrightarrow{Fe}$ qui s'exerce sur l'électron.
1.2. Préciser, en le justifiant, le signe de U_{AB}.
2. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, déterminer la valeur de la vitesse $\overrightarrow{V_0}$ de l'électron à sa sortie en O_2.
3. A la sortie de O_2, à t=0s, l'électron pénètre entre les deux plaques P et N distantes de *d*= 2cm avec une vitesse $\overrightarrow{V_0}$; Entre ces deux plaques de longueur *l* =1cm est appliquée une tension U_{PN} = 10V.
3.1. Etablir les équations horaires du mouvement.

3.2. Déduire l'équation de la trajectoire.

4. A la deuxième sortie, au point M, l'électron entre dans une région où il n'y a pas de champ, elle subit un mouvement rectiligne uniforme.



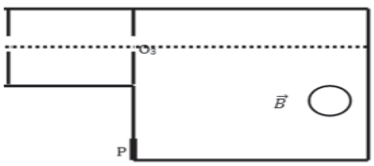
4.1. Calculer la vitesse $\overrightarrow{V_M}$ de la sortie au point M.

4.2. Calculer, avec deux méthodes, la déviation α de l'électron.

4.3. Déduire la déflexion Y sur l'écran.

Exercice17

1. Dans un spectrographe de masse des ions $^{68}Zn^{2+}$ et $^{70}Zn^{2+}$ initialement immobiles sont accélérés sous l'influence d'une tension U=5kV, ils pénètrent en suite dans un champ magnétique $\vec{B}$ de valeur $B=10^{-2}T$.



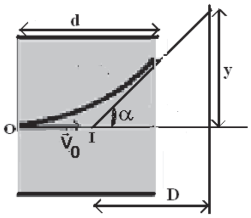
1.1. Faire un schéma du dispositif en y représentant les signes des charges de plaques accélératrices et le sens du vecteur champ magnétique.

1.2. Quelle est la vitesse des ions à leur entrée dans le champ magnétique puis lors de leur impact sur la plaque photographique après un demi-tour ?

1.3. Quelle est la distance qui sépare sur la plaque photographique les impacts des 2 types d'ions ? Les masses des ions seront prises égales à 68u et 70u. ($1u=1,67.10^{-27}kg$).

2. Les ions $^{68}Zn^{2+}$ pénètrent en O à la vitesse $\vec{V}$ calculée dans la question 1.2. dans une région où règne un champ magnétique uniforme de vecteur $\vec{B}'$ orthogonal qui est nul à l'extérieur de la région grise.

A.N : d=2cm ; D=20cm ; y=2,5cm.



2.1. Les ions sont déviés vers le haut, quel est le sens de $\vec{B}'$?

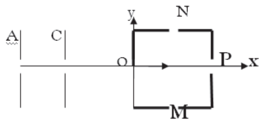
2.2. Donner l'expression du rayon de courbure r en fonction de q, m, V et B'.

2.3. A la sortie du champ $\vec{B}'$ les ions semblent provenir du point I très proche de la région centrale d'influence du champ. Le champ $\vec{B}'$ s'exerce sur un trajet de longueur très voisine de d. Exprimer l'angle α de déflexion en fonction de d, q, m, V et B'.

2.4. On observe une distance de déflexion y = 2,5cm. Que vaut le champ magnétique B'.

Exercice18

Dans le dispositif ci-dessous règne un vide poussé. La force de pesanteur sera négligée par rapport aux autres forces.



1. Un faisceau homocinétique de protons d'abord accéléré par une tension appliquée entre deux plaques A et C pénètre en O à une vitesse $V_0 = 800$ km/s dans une enceinte de section carrée de coté 2 r = 50 cm ou les ouvertures sont situées aux milieux des cotés . Le proton est de masse $m = 1{,}67.10^{-27}$kg et de charge $q = 1{,}6.10^{-19}$ C

1.1. Quel doit être le signe de la différence de potentiel $U = V_A - V_C$?

1 .2. Calculer en joule et en électronvolt l'énergie cinétique d'un proton qui franchit l'ouverture O.

2. Dans cette enceinte règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ pour que les protons décrivent à la vitesse constante V_O un quart de cercle de rayon r avant de sortir par l'ouverture M.

2.1. Donner l'expression de la force $\vec{F}$ qui s'exerce sur un proton de vitesse $\vec{V}_O$ dans le champ magnétique $\vec{B}$.

2.2. Préciser la direction et le sens de $\vec{B}$.

2.3. Etablir l'expression de la valeur B du champ magnétique en fonction de V_0, q , m et r .Calculer B.

3. On supprime le champ magnétique précédent et on applique maintenant un champ électrique uniforme $\vec{E}$ pour que le faisceau franchisse l'ouverture N après avoir décrit une trajectoire parabolique dans le repère (Ox, Oy) .

3.1. Donner l'expression de la force $\vec{F}$'qui s'exerce sur un proton dans le champ électrique uniforme $\vec{E}$

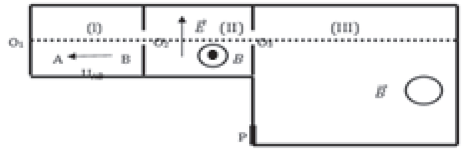
3.2. Préciser la direction et le sens de$\vec{E}$.

3.3. Donner l'expression de la valeur E du champ électrique en fonction de m, V_0 , q et r . Calculer numériquement E.

4. Les champ $\vec{E}$ et $\vec{B}$, conservant les directions et sens précédents , sont appliqués simultanément . Quelle relation doit vérifier leurs valeurs pour que les protons sortent du dispositif par l'ouverture P sans être déviés ?

Exercice19

Un spectrographe de masse est composé de 3 enceintes notées (I) , (II) et (III) sur la figure ci-dessous



1. Des ions potassium K^+ pénètrent sans vitesse initiale dans l'enceinte (I) par l'ouverture O_1 et sont ensuite

accélérés par une tension U_{AB} =U appliquée entre les plaques A et B. Etablir l'expression de la vitesse v des ions à leur sortie en O_2 en fonction de leur charge q et de leur masse m.

2. Ces ions pénètrent par l'ouverture O_2 dans l'enceinte (II) ou règne simultanément un champ électrique $\vec{E}$ et un champ magnétique $\vec{B}$ dont les directions et sens sont indiqués sur le schema.

2.1. Déterminer les caractéristiques (direction, sens et module) des forces électrique $\vec{F}_e$ et magnétique agissant sur un ion K^+ à son entrée en O_2.

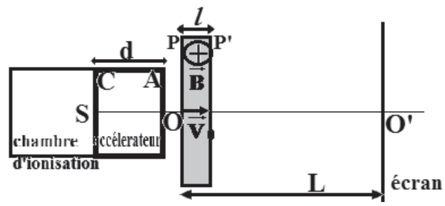
2.2. En déduire que seuls les ions dont la vitesse et telle que $v = \frac{E}{B}$ pourront sortir par l'ouverture O_3.

2.3. Les valeurs de E et B sont fixées : $E = 5.10^4$ V/m et B = 0,5 T. Quelle tension doit-on donner à la tension accélératrice U pour sélectionner les ions de l'isotope $^{39}_{19}K^+$. On donne : $e = 1,6.10^{-19}$ C ; $m_n = m_p = 1,67.10^{-27}$ kg

3. Les ions ainsi sélectionnés pénètrent dans l'enceinte (III) par l'ouverture O_3 et ne sont plus soumis qu'au seul champ magnétique $\vec{B}$ (champ précédent). On observe sur la plaque sensible (P) une trace T due à l'impact des ions. Interpréter la position de cette trace et calculer la distance O_3T (expression littérale puis l'application numérique)

Exercice20

Des protons H^+ de masse $m = 1,67.10^{-27}$ kg sont produits par une chambre d'ionisation. On néglige les forces de pesanteur. Ces protons pénètrent en S sans vitesse initiale dans un accélérateur linéaire où ils sont soumis à un champ électrique uniforme $\vec{E}$ créé par une tension $U = V_C - V_A$ (voir schéma ci-contre).



1. En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, exprimer la norme $\vec{V_0}$ de la vitesse du proton à la sortie du champ électrique en fonction de m, U et la charge élémentaire e.

2. Les protons pénètrent ensuite en O avec une vitesse, dans un domaine limité par deux plans P et P' où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ orthogonal à la vitesse.

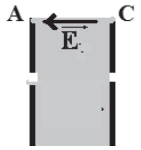
2.1. Qu'appelle-t-on la force magnétique subie par un proton entre P et P'. Calculer sa norme. $e = 1,6.10^{-19}$ C ; U = 10 kV ; B = 0,5 T

2.2. Montrer que le mouvement des protons est uniforme et circulaire entre P et P'. Exprimer le rayon R de leur trajectoire en fonction de m, B, e et U.

2.3. On admet que la distance *l* entre les plans P et P' est négligeable devant la distance L entre O et l'écran et que les protons sortent par P' et viennent heurter l'écran en M. Sachant que la déviation magnétique s'exprime par $\alpha = l/R$, exprimer la déflexion magnétique Y=O'M en fonction de *l*, B, L, e, U et m.

Corrigé de l'exercice 1

1.1. Schéma



1.2. Expression de la vitesse V :

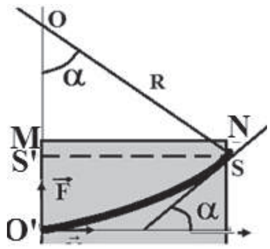
½ mV² = eU $\Rightarrow V = \sqrt{\frac{2eU}{m}}$ **A.N : V = 3.10⁷ m/s**

2.1. Le sens de $\vec{B}$: $\vec{B}$ est sortant

2.2. Nature du mouvement : La seule force qui s'exerce est la force de Lorentz : $\vec{F} = -e\vec{v} \wedge \vec{B}$

La RFD permet d'écrire $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{-e\vec{v} \wedge \vec{B}}{m}$

A tout instant, on a : $\vec{a} \perp \vec{v}$.



- **L'accélération tangentielle est donc nulle ⇒dV/dt = 0**

⇒ V = Cte ⇒ le mouvement est uniforme

- **En projetant sur la normale, on trouve eVB= mV²/R**

⇒ R = mV/eB = Cte ⇒ le mouvement est circulaire.

En définitif le mouvement est circulaire uniforme.

2.3. Les électrons décrivent un demi-cercle ssi 2R ≤ MO'

2mV/eB ≤ MO' ⇒ B ≥ 2mV/e.O'M donc B ≥ 5,7mT

Le temps de parcours est :

$t = \frac{x}{V} = \frac{\pi r}{V} = \frac{\pi O'M}{2V} = \pi.10^{-9}\,s$ **où x est la moitié de la circonférence.**

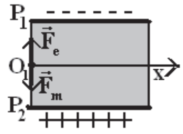
Ou bien $t = \frac{T}{2} = \frac{2\pi}{2\omega} = \frac{\pi}{\omega} = \frac{\pi r}{V}$

3. Les perpendiculaires aux tangentes aux points d'entrée et de sortie permettent de déterminer le centre du cercle et la déviation α.

Soit sinα= (MN)/R = eB.(MN) /mV ⇒ α =44,7°

Corrigé de l'exercice 2

1. Les ions étant soumis à deux forces magnétique et électrique de sens opposés, pour qu'ils sortent par le trou O, leur mouvement doit être rectiligne uniforme. $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0}$



En projetant sur Ox, on obtient : $0 = ma \Rightarrow a = 0 \Rightarrow$ **m.r.u** $F_m = F_e$

$\Leftrightarrow |q| V_C B_0 = |q| E \Rightarrow V_C = \frac{E}{B_0}$

Calcul de V_C : $V_C = \frac{E}{B_0} = \frac{U}{B_0 d} = 10^5 m/s$

2.1. Les caractéristiques de $\vec{F}$

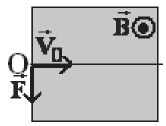
$$\vec{F}\begin{cases} \text{-Origine : le point O} \\ \text{-Direction : } \vec{F} \perp \vec{V}_0 \text{ et } \vec{F} \perp \vec{B} \Rightarrow \vec{F} \text{ est verticale} \\ \text{-Sens : D'après la règle de la main droite} \\ \quad \vec{F} \text{ est dirigée vers le bas} \\ \text{-Module : } F = qV_0B = 8.10^{-15} N \end{cases}$$

Comparaison entre F et P :

$$\frac{F}{P} = \frac{8.10^{-15}}{39x1.67.10^{-27}x10} \approx 1,23.10^{10}$$

F étant très grande devant le poids P, ce dernier est négligeable.

2.2. Montrons que $\vec{a}$ est à tout instant perpendiculaire à $\vec{v}$



$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow$

$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$

$\vec{a}$ est colinéaire à $\vec{F}$ et comme $\vec{F} \perp \vec{v}$ alors $\vec{a} \perp \vec{V}$ à tout instant.

Comme $\vec{a} \perp \vec{v}$ alors $a_t = \frac{dV}{dt} = 0 \Rightarrow V = cte$

2.3. Expression de r en fonction de m, B, V_0 et e :

Comme $a_n = \frac{V^2}{r} = \frac{F}{m} = \frac{qVB}{m} \Rightarrow r = \frac{mV}{qB}$ **or q=e**

soit $r = \frac{mV}{eB}$ **A.N : $r \approx 8.10^{-2}m$ Comme r et V sont constants, le mouvement est circulaire uniforme**

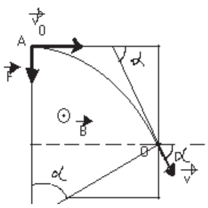
Corrigé de l'exercice 3

1.1. Pour que le proton sorte du champ au point O, il faut que $\vec{F}$ doit dirigés vers le bas $\vec{B}$ soit sortant⦿ d'après la règle de l'observateur d'Ampère.

1.2. Nature du mouvement du proton dans le champ magnétique : En appliquant la relation fondamentale de la dynamique, on obtient :

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$$

$$\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$



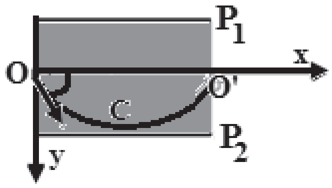
En projetant suivant la tangente on obtient : a_t=0 ⇒ v=cte donc mouvement uniforme.

En projetant suivant la normale on obtient : a_n=F/m mouvement circulaire uniforme.

Expression du rayon de la trajectoire :
on a : $a_n=v_0^2/R$ et $F= ev_0B \Rightarrow R= mv_0/eB$
1.3. Voir schéma précédent :
Calcul de la valeur de l'angle de déviation angulaire α :
$\sin\alpha = l/R = eBl/mv_0$ A.N : $\alpha = 30°$
1.4. Les caractéristiques de la vitesse au point de sortie O :

- **Origine : le point O.**
- **Direction : la tangente au point O faisant l'angle α avec l'horizontale.**
- **Sens : du haut vers le bas.**
- **Module : $v = v_0 = 10^6$m/s**

2.1. Pour que le proton passe par le point O' il faut que la force électrique $\vec{F}$ soit dirigée vers le haut et comme $q > 0$ $\vec{E}$ doit être orienté vers P_1 qui est alors chargée négativement d'où $U= V_{P1} - V_{P2} < 0$
2.2. En appliquant la relation fondamentale de la dynamique, on obtient :



$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Leftrightarrow$$

$$\vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

En projetant suivant l'axe Ox on obtient :
$a_x=0$, $v_x = v_0\cos\alpha$ et $x =(v_0\cos\alpha)t$ (1)
En projetant suivant l'axe Oy :
$a_y=-eE/m$, $v_y=-$ $(eE/m)t+ v_0\sin\alpha$ et $y= - \frac{1}{2} (eE/m)t^2+ (v_0\sin\alpha)t$ (2)
(1) $\Rightarrow t= x / (v_0\cos\alpha)$; en remplaçant t dans (2), on obtient :
$y= - \frac{1}{2} (eE/m\, v_0^2\cos^2\alpha) x^2+ (\tan\alpha)x$
2.3. Les coordonnées du point C le plus bas de la trajectoire :
Au point C :
$v_y = 0 \Rightarrow t_C = mv_0\sin\alpha/eE$ soit : $x_C=(v_0\cos\alpha)t_C$ A.N : $x_C= 4,5$cm
$y_C = - \frac{1}{2} (eE/m\, v_0^2\cos^2\alpha) x_C^2+ (\tan\alpha)x_C$ A.N: $y_C =1,3$cm

Corrigé de l'exercice 4

1.1. La seule force qui s'exerce est la force de Lorentz :
$\vec{F}=q\vec{V}\wedge\vec{B}$ car le poids est négligeable.
La RFD permet d'écrire $\sum\vec{F}=m\vec{a} \Rightarrow \vec{a}=\frac{q\vec{V}\wedge\vec{B}}{m}$

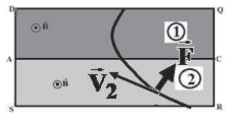
- **En projetant sur la normale, on trouve $|q|VB=\frac{mV^2}{r} \Rightarrow r=\frac{mV}{|q|B}$**

$\Rightarrow$ **Les expressions des rayons respectifs dans les zones ① et②**

$R_1=\frac{mV_1}{|q|B}$ **et** $R_2=\frac{mV_2}{|q|B}$

- **Sens du déplacement de la particule qui ralentit entre A et C :**

Comme R_2 =3 R_1 alors $R_2=3R_1 \Leftrightarrow \frac{mV_2}{|q|B}=3\frac{mV_1}{|q|B} \Rightarrow V_2=3V_1 \Rightarrow V_2>V_1$



La particule ralentit en franchissant la surface de séparation AC, **on en déduit donc qu'elle se déplace de ② vers ① .**

1.2. Le signe de la charge q

D'après la règle de la main droite la charge q de la particule est positive

1.3. Calcul du rapport $\frac{|q|}{m}$

$$R_2=\frac{mV_2}{|q|B} \Rightarrow \frac{|q|}{m}=\frac{V_2}{BR_2}=\frac{6.10^7}{3.41,6.10^{-2}.0,5}=9,6.10^7\,C/kg$$

Identification de la particule :

Pour le proton : $\frac{|q|}{m}=\frac{1,6.10^{-19}}{1,67.10^{-27}}=9,6.10^7\,C/kg$

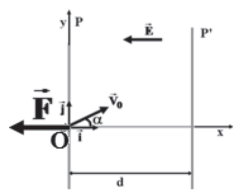
Pour l'électron : $\frac{|q|}{m}=\frac{1,6.10^{-19}}{9,1.10^{-31}}=1,76.10^{11}\,C/kg$

Pour le noyau d'hélium : $\frac{|q|}{m}=\frac{2.1,6.10^{-19}}{6,68.10^{-27}}=4,7.10^7\,C/kg$

La particule étudiée est un proton.

2.1. Représentation de la force : voir schéma

2.2. Etude du mouvement entre C et D:



- **Conditions initiales :**

$\overrightarrow{OG_0}\begin{cases}x_0=0\\y_0=0\end{cases}$ et $\overrightarrow{V_0}\begin{cases}V_{0x}=V_0\cos\alpha\\V_{0y}=V_0\sin\alpha\end{cases}$

- **Étude dynamique ;**

Le PFD : $\sum\vec{F}_{ext}=m\vec{a} \Leftrightarrow \vec{F}=m\vec{a} \Rightarrow \vec{a}=\frac{\vec{F}}{m}$

$\vec{a}\begin{cases}a_x=-\frac{F}{m}=-\frac{qE}{m}\\a_y=0\end{cases}$ $\vec{V}\begin{cases}V_x=-\frac{qE}{m}t+V_0\cos\alpha\\V_y=V_0\sin\alpha\end{cases}$ $\overrightarrow{OG}\begin{cases}x=-\frac{qE}{2m}t^2+(V_0\cos\alpha)t & (1)\\y=(V_0\cos\alpha)t & (2)\end{cases}$

L'équation de la trajectoire :

(2) $\Rightarrow$**t= y/ ($v_0$sinα) ; en remplaçant t dans (1), on obtient :**

$$x = -\frac{qE}{2mV_0^2 \sin\alpha^2} y^2 + y \cotan\alpha$$

2.3. L'expression de V_x :

$$\Delta E_c = \sum W_{\vec{F}} \Leftrightarrow \frac{1}{2} mV_x^2 - \frac{1}{2} mV_{0x}^2 = -Fx$$

$$\Rightarrow V_x = \sqrt{V_0^2 \cos^2\alpha - \frac{2qE}{m} x}$$

2.4. Calcul de V_F :

En F l'abscisse x=d d'où

$$V_F = \sqrt{V_x^2 + V_0^2 \sin^2\alpha} \Leftrightarrow V_F = \sqrt{V_0^2 - \frac{2qE}{m} d}$$

Numériquement V_F= 1,74.10^{6}m/s

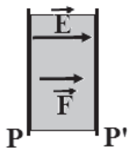
2.5. L'expression du rapport : $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta}$

V_y =cte alors

$$V_{Fy} = V_{0y} \Leftrightarrow V_F \sin\beta = V_0 \sin\alpha \Rightarrow \frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{V_F}{V_0} = \sqrt{1 - \frac{2qE}{mV_0^2} d}$$

Corrigé de l'exercice 5

1.1. Le signe de $U = V_P - V_{P'}$:



Les ions se déplacent de P vers P' sous l'action de la force électrique $\vec{F}$. Comme q> 0 le champ électrique $\vec{E}$ est dirigé de P vers P' c'est-à-dire que $V_{P'} < 0$ et $V_P > 0$ donc $U = V_P - V_{P'} > 0$

1.2. Expression de la vitesse V_0 :

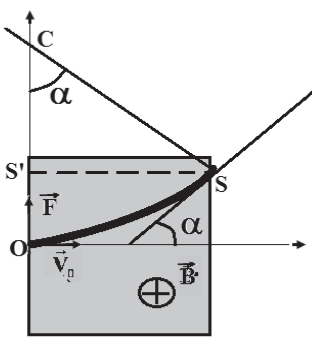
$$\Delta E_C = \sum W_{\vec{F}} \Leftrightarrow \frac{1}{2} mV_0^2 = qU \Rightarrow V_0 = \sqrt{\frac{4eU}{m}}$$

A.N : V = 2,8.10^5 m/s

2.1. Le sens de $\vec{B}$:

Les ions étant déviés vers le haut ; la règle de la main droite montre que $\vec{B}$ est rentrant.

2.2. Nature du mouvement :



La seule force qui s'exerce est la force de Lorentz

La RFD permet d'écrire $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$

- **En projetant sur la tangente :**

0= $ma_t \Leftrightarrow a_t$=0 $\Rightarrow$dV/dt = 0 $\Rightarrow$ V = Cste

$\Rightarrow$ le mouvement est uniforme

- **En projetant sur la normale, on trouve :**

$$qVB = \frac{mV_0^2}{r} \Rightarrow = r = \frac{mV_0}{qB} = cte$$

$\Rightarrow$ Le mouvement est circulaire. En définitif le mouvement est circulaire uniforme.

- **L'expression du rayon** $r = \frac{mV_0}{qB} = \frac{m\sqrt{\frac{2qU}{m}}}{qB} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{mU}{e}}$ **Soit r=17,7.10^{-2} m.**

2.3. Calcul de la déviation angulaire a :

Sinα=a/r soit α=16,4°

3. Calcul de la tension U' pour que les ions $^{24}Mg^{2+}$ de masse m décrivent un quart de cercle de rayon r' = a/2: $r'^2 = \frac{mU'}{eB^2} \Rightarrow U' = \frac{r'^2 eB^2}{m}$ **Soit U'≈100V.**

4. Calcul de la tension U' pour que les ions $^{23}Mg^{2+}$ de masse m' décrivent un quart de cercle de rayon r' = a/2: $r'^2 = \frac{m'U''}{eB^2} \Rightarrow U'' = \frac{r'^2 eB^2}{m'}$ **Soit U'' ≈104V.**

1. Action d'un champ magnétique sur un élément de courant

- **Lorsqu'un conducteur traversé par un courant d'intensité I subit, sur une portion de longueur l, un champ magnétique $\vec{B}$, il s'exerce une force $\vec{F}$ électromagnétique dite force de Laplace telle que $\vec{F} = I.\vec{l} \wedge \vec{B}$**
- **L'intensité de cette force est**
  $F = I.l.B|\sin\alpha|$
- **Lorsque $\vec{B} = \vec{0}$ ou I=0 ou $\vec{B} \mathbin{//} \vec{L}$ alors F=0**
- **Lorsque $\vec{B} \perp \vec{l}$ alors F=I.*l*.. B**

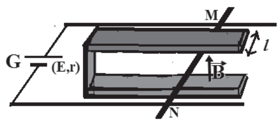
2. Induction

- **Le fluxΦ d'un champ magnétique $\vec{B}$ à travers une surface $\vec{S}$ est défini par le produit scalaire de $\vec{B}$ par $\vec{S}$:**
  $\Phi = \vec{B}.\vec{S} = B.S.\cos\theta$ avec $\theta = (\widehat{\vec{B},\vec{n}})$
- **Si la surface est délimitée par un circuit bobiné comportant N spires, la surface totale vaut N fois la surface S d'une spire, et :**
  $\Phi = N.B.S.\cos\theta$
- **La f.é.m. induite moyenne dans un circuit est égale à l'opposé de la variation du flux inducteur à travers ce circuit par unité de temps.**
  $$e_m = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$
- **La f.é.m. induite (instantanée) dans un circuit est égale à l'opposé de la dérivée par rapport au temps du flux inducteur à travers ce circuit.**
  $$e = -\frac{d\Phi}{dt}$$
- **La tension u_{AB} entre les bornes A et B, en considérant le sens positif choisi, s'écrit :**
  U_{AB}=r.i -e
  - ✓ **Si le circuit est ouvert (le courant i=0) ou si la résistance est négligeable: u_{AB}=-e**

Si le circuit est fermé et de résistance totale R, l'expression de l'intensité du courant induit est : $I = \frac{e}{R}$

Exercice1

Considérons deux conducteurs parallèles formant un "rail de Laplace" sur lequel peut se déplacer une barre mobile conductrice MN selon le schéma ci-contre.



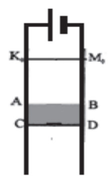
Le générateur G a une f.é.m E = 5 V et une résistance interne r = 5 Ω, la barre MN de longueur totale L= 0,2 m a une résistance négligeable ;

elle crée un court-circuit en refermant le circuit entre les deux rails dont la résistance est également négligeable. On place MN dans l'entrefer d'un aimant en U de largeur l = 6 cm où règne un champ magnétique uniforme de norme B = 0.2T.

1. Expliquez comment on doit placer l'aimant en U pour obtenir un champ magnétique $\vec{B}$ perpendiculaire au plan du schéma (ou des rails) et dirigé vers le haut tel qu'il est représenté sur le schéma.
2. Déterminer le sens et l'intensité du courant dans la barre MN.
3. Déterminer en direction, sens et grandeur la force de Laplace agissant sur la barre MN. (Aidez vous d'un schéma représentant les vecteurs significatifs).
4. La barre MN se déplace à vitesse constante dans le champ magnétique sur une longueur de 8 cm dans le sens imposé par la force de Laplace. Déterminer le flux à travers la surface balayée par la barre.
5. Quelle est alors la force électromotrice induite dans le circuit si le parcours a lieu en 1 ms?

Exercice2

Deux rails rectilignes verticaux P_x et N_y sont branchés aux bornes d'un générateur de force électromotrice E = 24 V de résistance interne r = 2,4Ω.



La résistance des rails est négligeable. Une barre de masse m, munie de deux crochets, s'adapte sur les rails.

Elle peut glisser en restant perpendiculaire aux rails. Le contact électrique avec les rails est toujours assuré, et on suppose que le glissement s'effectue sans frottements. On néglige tout phénomène d'induction.

1. Calculer l'intensité du courant dans la barre sachant que sa résistance est également négligeable.
2. Une partie du circuit se trouve dans un champ magnétique uniforme, horizontal, perpendiculaire au plan des rails. Sur la figure ci-dessus, ABCD délimite la zone où règne le champ magnétique. La barre dans la position K_0 M_0 est lâchée sans vitesse.

K_0A = 20 cm. AC = d = 10 cm. A l'instant t = 0

2.1. Déterminer le sens du champ magnétique et sa valeur B, pour que le mouvement de la barre soit uniforme dans la région où règne le champ magnétique. I = 10 A   m = 20 g   écartement des rails l = 5 cm.

2.2. Déterminer le temps que met la barre depuis la position K_0 M_0 à la position CD.

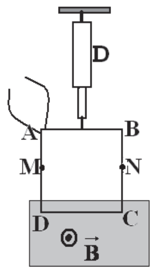
3. On modifie l'intensité du champ magnétique sans changer ses autres caractéristiques. On ramène la barre à la position K_0M_0 et on la lâche sans vitesse. Sa vitesse s'annule à la position CD.

3.1 Déterminer l'intensité B' du champ magnétique.

3.2 Quel est le mouvement de la barre après avoir atteint CD ?

Exercice3

Un cadre carré ABCD de côté 20cm est constitué d'un fil conducteur. Il est suspendu à un dynamomètre D comme l'indique la figure.



1. Le côté CD du cadre est plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme perpendiculaire au plan.

1.1. Le dynamomètre D indique 2,5N lorsque le cadre n'est pas traversé par un courant. A quoi correspond cette valeur ?

1.2. On fait passer maintenant dans le cadre un courant d'intensité constante I=10A, le dynamomètre D indique alors 3,5N.

1.2.1. Faire un schéma sur lequel on représentera la force électromagnétique appliquée au côté CD et on indiquera le sens du courant qui traverse CD.

1.2.2. Calculer l'intensité du champ magnétique $\vec{B}$.

2. On plonge le cadre qui est parcouru par l'intensité I=10A, dans le champ magnétique jusqu'aux points M et N. Montrer que l'indication du dynamomètre ne change pas.

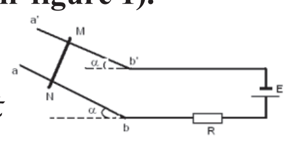
3. On inverse le sens du courant sans changer sa valeur ni celle du champ magnétique.

3.1. Quelle est la nouvelle indication du dynamomètre ?

3.2. Quelle sera l'indication du dynamomètre si le champ magnétique s'annule ?

Exercice4

Deux rails parallèles ab et a'b' distants de d = 10cm, inclinés par rapport à l'horizontale d'un angle α=20°. On relie les extrémités des rails aux bornes d'un générateur de f.e.m E=1,4v et de résistance r=1,8Ω (voir figure 1).



05_PC Tome 1 Inner.indd 212   03/02/21 10:59 pm

On branche dans le circuit, et en série avec le générateur un dipôle ohmique de résistance $R = 0{,}2\Omega$. Le circuit est fermé par l'intermédiaire d'une tige MN en cuivre de résistance négligeable de masse m=20g pouvant glisser sans frottement sur les rails. L'ensemble est plongé dans un champ magnétique uniforme de vecteur $\vec{B}$ vertical.

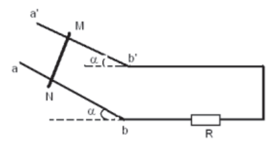
1. Faites l'inventaire des forces qui s'exercent sur la tige.

2. Donner les caractéristiques du vecteur $\vec{B}$ pour que la tige reste en équilibre.

3. On annule le champ magnétique à un instant pris comme origine des temps.

3.1. Déterminer la nature du mouvement du centre de gravité de la tige.

3.2. Trouver la vitesse de la tige après un parcours de 20cm.



4. On enlève le générateur et on ferme le nouveau circuit (vir fig 2). On ramène la tige à la positon aa' puis on l'abandonne sans vitesse initiale, elle parcourt une distance L' avant de pénétrer dans la zone où règne le champ magnétique uniforme de la question 2 avec une vitesse V_0= 2,8m.s$^{-1.}$

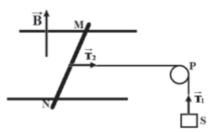
4.1. Quelle est l'intensité I_0 du courant qui apparaît dans le circuit à l'instant t = 0 ? (Instant à partir duquel la tige pénètre dans le champ magnétique), indiquer sur un schéma le sens du courant. Donner les caractéristiques de la force électromagnétique qui s'exerce sur la tige à cet instant.

4.2. Faites l'inventaire des forces qui s'exercent sur la tige à cet instant t = 0 en précisant que $\vec{a}$ et $\vec{V}$ sont de sens contraires.

4.3. La vitesse de la tige atteint une valeur limite V_1 si la tige continue son mouvement dans le champ magnétique. Trouver l'intensité f_1 de la force magnétique, la valeur du courant induit I_1 et la valeur de V_1.

Exercice 5

Les frottements et les phénomènes d'induction sont négligeables et on prendra



Un conducteur MN de masse m=40g et de longueur L=MN=20cm, peut glisser sur des rails parallèles tout en leur restant perpendiculaire. L'ensemble est plongé dans un champ magnétique uniforme et vertical $\vec{B}$, orienté vers le haut.

Un générateur, lié aux rails, permet de faire passer dans le conducteur un courant d'intensité I=10A.

1. On attache au milieu O du conducteur un fil de masse négligeable qui passe sur la gorge d'une poulie P et qui supporte en sa deuxième extrémité un solide S de masse M=100g. Le système abandonné à lui-même est alors en équilibre lorsque $T_1 = T_2$.

1.1 Le plan des rails étant horizontal.

1.1.1 Déterminer les caractéristiques de la force magnétique $\vec{F}$ exercée sur le conducteur MN.

1.1.2 En déduire le sens du courant dans le conducteur MN.

1.1.3 Calculer l'intensité B du champ magnétique $\vec{B}$.

1.2 On incline le plan des rails d'un angle α=30° par rapport au plan horizontal. (Voir fig2). Quelle intensité doit avoir le champ magnétique pour que le conducteur MN puisse rester en équilibre sur les rails ?

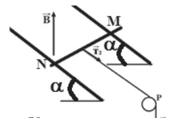
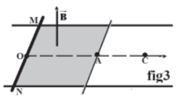


fig2

2 On supprime le solide S et le fil puis on inverse le sens du courant, le plan des rails est maintenu horizontal. Le conducteur MN est initialement au repos en un point O et le champ magnétique s'étend sur une distance OA=16cm voir fig 3.On donne : B=0,5T et I=10A.



2.1 Déterminer la nature du mouvement du conducteur MN entre O et A et calculer son accélération.

2.2 Calculer sa vitesse au point A

2.3. Quelle durée doit mettre le conducteur pour parcourir la distance OC=21,64cm ; C étant situé sur la droite (OA) ?

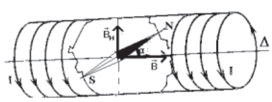
Exercice6

On néglige le champ magnétique terrestre dans les questions 1et 3

Un solénoïde de grande longueur *l* par rapport à son diamètre comporte N spires jointives.

1. Déterminer les caractéristiques du champ magnétique $\vec{B}$ qui s'exerce au centre de la bobine quand elle est traversée par un courant d'intensité I (Direction, sens et intensité). A.N $N = 1000, I = 2A, \ell = 1,5m, \mu_0 = 4\pi.10^{-7} S.I$

2. L'axe Δ du solénoïde est perpendiculaire au méridien magnétique du lieu d'expérience et la composante horizontale du champ magnétique terrestre est $B_H = 2.10^{-5}T$



Une petite aiguille aimantée $\overline{SN}$ mobile autour d'un axe vertical placée au centre de la bobine s'établit dans une position d'équilibre telle que l'angle de la ligne des pôles $\overline{SN}$ et l'axe Δ soit $\alpha = 60°$ (Fig 1). Calculer la valeur du champ magnétique $\vec{B}$ qui s'exerce lors du passage d'un courant dans le solénoïde et en déduire l'intensité I_1 de ce courant ?

3. On place maintenant au centre du solénoïde une spire de surface S=8cm² dont l'axe est confondu avec celui du solénoïde (fig 2).

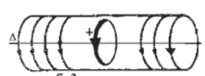
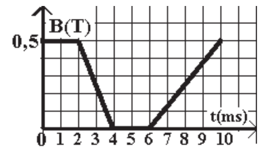


fig2

3.1. Exprimer le flux Φ à travers la spire en fonction de B et S. Calculer Φ si $B = 0,5T$.

3.2. On établit aux bornes du solénoïde une différence de potentielle qui fait passer un courant créant un champ magnétique variant en fonction du temps comme l'indique la courbe ci-contre.



3.2.1. Donner l'expression de la force électromotrice induite e en fonction du temps et calculer ses valeurs dans les différents intervalles de temps.

3.2.2. représenter la variation de e en fonction de t dans les différents intervalles de temps.

Exercice7

On donne : $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ S.I et $B_H = 2.10^{-5}T$.

1. Un solénoïde S est constitué d'un enroulement de 1000 spires sur une longueur de 1,2m ; il est traversé par un courant d'intensité $I_1 = 3,82A$ .Donner les caractéristiques du vecteur champ magnétique $\vec{B}$ à l'intérieur du solénoïde et en son centre.

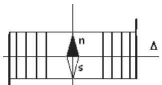


fig1

2. L'axe Δ du solénoïde est placé perpendiculairement au méridien magnétique (voir figure1). Quand on fait passer le courant d'intensité I_1 dans le solénoïde, une petite aiguille aimantée placée en son centre tourne de l'angle θ. Indiquer sur une figure claire le sens du courant dans le solénoïde, le sens de déviation de l'aiguille et calculer θ.

3. A l'intérieur du solénoïde S, est placée une petite bobine S' comportant 600 spires de rayon $r = 1,78cm$. Les bobines sont coaxiales d'axe Δ horizontal (voir figure 2).

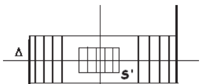
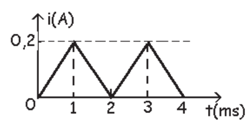


fig2

Calculer la valeur du flux du champ magnétique $\vec{B}$ à travers la bobine S

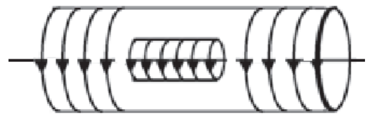
4. On fait décroître l'intensité I du courant traversant S de la valeur $I_1 = 3,82A$ jusqu'à la valeur 0 en 0,2s selon une fonction affine du temps. Quelle est la force électromotrice d'induction dont la bobine S' est le siège ? Préciser sur un schéma le sens du champ magnétique $\vec{B}$, du courant I_1 traversant S et du courant induit i qui traverse la bobine S' si on réunissait ses extrémités.



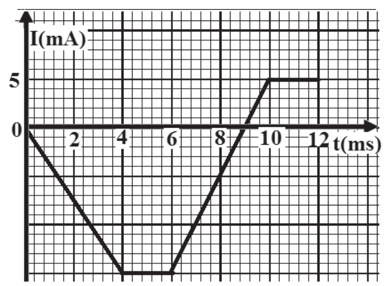
5. On fait passer dans le solénoïde un courant dont l'intensité varie comme l'indique la figure3 Préciser la valeur de la période T. Calculer les valeurs de la f.e.m induite pendant une période.

Exercice8

Un solénoïde S_1 de 90cm de long est formé de 1000 spires; il a une résistance R=2 Ω. On le branche aux bornes d'une pile de force électromotrice E=4,5V et de résistance interne r=3 Ω.



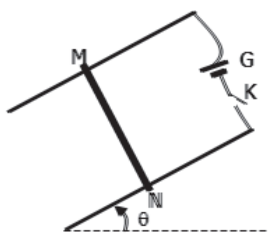
1. Après avoir choisi le sens du courant, représenter, en justifiant, le vecteur champ magnétique au centre O du solénoïde.
2. Après avoir calculé l'intensité du courant débitée par la pile, calculer la valeur du champ magnétique au centre du solénoïde S_1.
3. Dans le solénoïde S_1 est placée une petite bobine S_2 de 6 cm de diamètre formée de 400 spires. S_1 et S_2 ont le même axe. Calculer le flux du champ magnétique à travers cette bobine.
4. On remplace la pile par un générateur qui débite un courant dont l'intensité varie comme l'indique la courbe.



4.1. Expliquer pourquoi la bobine S_2 est le siège d'un phénomène d'induction magnétique.
4.2. Trouver dans les différents intervalles de temps les expressions du champ magnétique crée au centre du solénoïde S_1, du flux magnétique à travers la bobine S_2 et de la f.e.m induite e.
4.3. Calculer dans ces différents intervalles de temps la f.e.m induite e et la représenter.

Exercice9

On néglige les forces de frottement et le champ magnétique terrestre.
Deux barres conductrices sont disposées parallèlement suivant la ligne de plus grande pente d'un plan incliné d'un angle θ sur l'horizontale. Elles sont distantes de *l*; leurs extrémités supérieures sont reliées entre elles par un générateur G et par un interrupteur K. Une barre MN conductrice est posée perpendiculairement sur les deux barres précédentes. Le contact électrique se fait en M et N. On crée dans la région où se trouve la barre MN un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan des rails. On ferme K. Un courant d'intensité I circule dans le montage.

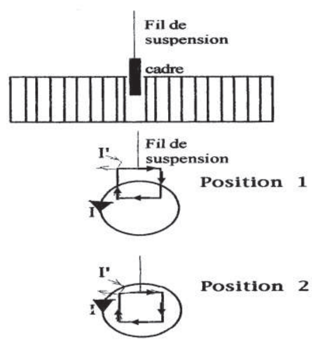


1. Représenter les forces exercées sur la barre MN pour qu'elle puisse être en équilibre (on peut utiliser la vue de droite). Déduire le sens de $\vec{B}$

2. La barre MN a une masse m =10 g et pour qu'elle soit en équilibre il faut que l'intensité du courant soit égale à I_1=10 A.
2.1. Etablir la condition la condition d'équilibre de la barre MN.
2.2. Exprimer la norme de $\vec{B}$ en fonction de I_1 , L, m, g et θ pour que la barre reste en équilibre. Montrer que B=68 mT. On donne : θ= 20 ° ; et *l*=0,05 m.
3. L'intensité du courant est I_2 =15 A et on garde le champ magnétique $\vec{B}$ précédent, on place sous la barre MN un ressort à spires non jointives, de raideur k de masse négligeable dont la direction est celle de la plus grande pente du plan incliné (voir figure ci-contre).lorsque l'interrupteur K est ouvert la barre MN est en équilibre. On ferme l'interrupteur K, la barre MN prend une nouvelle position d'équilibre M'N' tel que le ressort soit allongé de Δl=3,36mm.
3.1. Représenter les forces exercées sur la barre MN (on peut utiliser la vue de droite).
3.2. Etablir la condition d'équilibre de la barre. Déduire la valeur de la constante de raideur k du ressort.

Exercice10

Dans tout le problème on néglige le champ magnétique terrestre.
1. Un solénoïde de longueur 40 cm comporte 1200 spires. La valeur du champ magnétique mesurée au voisinage de son centre est égale à $1,6.10^{-3}$ T, lorsqu'il est parcouru par un courant d'intensité I.
La perméabilité du vide est $\mu = 4\pi. 10^{-7}$ (SI).
Le rayon du solénoïde est considéré comme petit devant sa longueur.
1.1. Calculer I.
1.2. Faire le schéma du solénoïde en indiquant son axe et le sens du courant. Représenter le vecteur champ magnétique à l'intérieur du solénoïde.
2.Vers le milieu du solénoïde, deux spires sont assez écartées pour permettre l'introduction (sans contact) d'un petit cadre indéformable de 4 cm de côté. Ce cadre, constitué de 800 spires, est suspendu à un dynamomètre.



Le courant dans le solénoïde est égal à I.
En l'absence de courant dans le cadre, le dynamomètre indique 0,87 N.

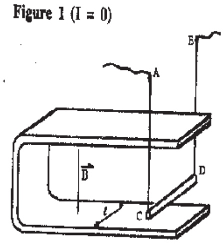
Quelles sont les indications du dynamomètre, dans les cas (1) et (2) du schéma ci-contre, lorsqu'on établit un courant d'intensité I' = 0,8 A dans le cadre ? Les sens des courants sont indiqués sur le schéma.

3. Le circuit du cadre est maintenant ouvert. Le courant dans le solénoïde est toujours égal à I. De la position (2), on ramène en 0,1s le cadre hors du solénoïde. Déterminer la valeur moyenne de la f. e. m d'induction qui apparaît aux bornes du circuit du cadre.

Exercice11

Une barre cylindrique en cuivre CD, de masse m est suspendue horizontalement par deux fils conducteurs verticaux AC et ED, de même longueur et de masse négligeable.

Figure 1 (I = 0)



La barre traverse symétriquement l'espace champ magnétique B uniforme, d'un aimant en U de largeur l (avec l < CD) .

On peut faire passer un courant I, constant, de A vers C, D puis E. L'intensité de la pesanteur est g = 10 N/k.g; l = 5cm

1. Analyser les forces appliquées à la barre et les représenter en direction et sens quand

I = 0 et le champ magnétique est vertical descendant.

2. Quand $I \neq 0$, la barre prend une nouvelle position d'équilibre, les fils AC et ED étant inclinés du même angle α par rapport à la verticale.

2.1. Analyser les forces appliquées à la barre et les représenter en direction et sens

2.2. Exprimer l'angle α en fonction de m, g, I, l et B.

2.3. Calculer l'intensité I et l'intensité des tensions des fils si α = 10°, B = 0,2T ; m = 7g.

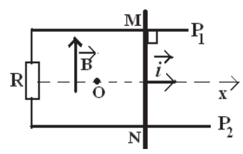
3. On modifie la position de l'aimant que l'on place de façon à avoir un champ magnétique uniforme horizontal perpendiculaire à CD figure 2.

3.1. Les fils AC et ED sont-ils inclinés ?

3.2. Calculer l'intensité des tensions des fils si I=2,5A ; l=5cm;B = 0,2T, m = 7g

Exercice12

Une tige MN se déplace sans frottement, sur deux rails P_1 et P_2 rectilignes, horizontaux et parallèles, à la vitesse constante $\vec{v}$. La distance séparant les rails est ℓ et la tige MN est perpendiculaire aux rails (voir figure). On exerce une force $\vec{F} = F\vec{i}$ sur la tige.



Le circuit formé des rails, de la tige et de la résistance R est placé dans un champ magnétique uniforme vertical $\vec{B}$ d'intensité $B = 0,4T$.

1. Expliquer pourquoi il apparaît un courant induit dans le circuit.

2. Quel est le sens du courant induit circulant dans la tige ?

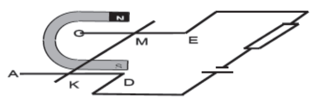
3. Le circuit est orienté dans le sens du courant induit, montrer que le flux du champ magnétique à travers la surface délimité par le circuit s'écrit sous la forme : $\Phi = \Phi_0 + at$ où a est une constante que l'on déterminera.

4. En déduire la f.e.m induite e et l'intensité du courant (On néglige la résistance des rails et de la tige devant R)

5. Analyser les forces qui s'exercent sur la tige et en déduire l'intensité F de la force. On donne $R = 2\Omega; V = 2m/s; \ell = 12cm$

Exercice13

Une tige de cuivre KM, de masse m, homogène et de section constante, est placée dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ sur une longueur l, et parcourue par un courant d'intensité I. On admet que la tige ne peut que glisser sans frottement sur ses rails. Déterminer dans quel sens et de quel angle α on peut incliner les rails AD et CE pour que la tige soit en équilibre, dans les deux cas suivant :

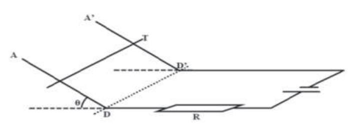


1. $\vec{B}$ reste orthogonal aux rails.

2. $\vec{B}$ reste vertical.

Exercice14

1. Rappeler les caractéristiques de la force de Laplace s'exerçant sur une tige de longueur l plongée dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ faisant un angle α avec la tige et parcourue par un courant d'intensité I



2. Deux rails parallèles AD et A'D', distantes de l = 12 cm, sont disposées selon des lignes de plus grande pente d'un plan faisant un angle θ = 8° avec le plan horizontal. Les deux rails sont reliées à un générateur électrique, et le circuit est fermé par une tige T de masse m = 32 g qui peut glisser sans frottement sur les rails en restant horizontale. Le circuit est alors parcouru par un courant d'intensité constante I = 2 A.

2.1. Le rectangle ADD'A' est plongé dans un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme et vertical.

2.1.1. Préciser les trois forces qui s'exercent sur la tige T

2.1.2. Représenter, sur la figure 1 de la page 4, ces trois forces dans le cas où la tige reste en équilibre (immobile).

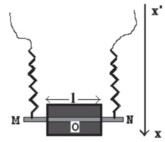
2.1.3. En déduire le sens du vecteur champ magnétique $\vec{B}$

2.1.4. Exprimer la norme‖ du champ magnétique $\vec{B}$. Calculer $\vec{B}$. L'intensité de la pesanteur est g=10 N/kg.

2.2. Dans le cas où $\vec{B}$ est perpendiculaire au plan des rails, doit-on augmenter ou diminuer l'intensité I du courant pour maintenir la tige T en équilibre ? Justifier.

Exercice15

On fixe une tige solide MN de cuivre de masse m = 20g aux extrémités de deux ressorts identiques R parfaitement élastiques à spires non jointives et de masse négligeable. La constante de raideur de chaque ressort est K = 5 N/m et sa longueur à vide est 15cm (voir fig). On donne g=10m/s²



La tige et les ressorts constituent une portion de circuit électrique à travers laquelle peut passer un courant constant d'intensité I=5A de M vers N quand on ferme l'interrupteur.

On exerce sur une longueur l=8cm, de centre O milieu de la tige MN un champ magnétique uniforme d'intensité B.

La direction et le sens de B peuvent être modifiés.

On néglige le champ magnétique terrestre.

1. L'interrupteur est ouvert (I=0) la valeur du champ magnétique est B= 0,6T. Déterminer la longueur des ressorts.

2. L'interrupteur est fermé (I≠0) la valeur du champ magnétique est B= 0,6T. Déterminer la force électromagnétique (direction, sens et intensité) qui s'exerce sur la tige et calculer la longueur des ressorts à l'équilibre, dans les cas suivants :

2.1. Le champ magnétique est horizontal dirigé de M vers N.

2.2. Le champ magnétique est perpendiculaire au plan de la fig et est horizontal rentrant

2.3. Le champ magnétique est perpendiculaire au plan de la fig et est horizontal sortant

3. L'interrupteur est fermé (I≠0) le champ magnétique appliqué est perpendiculaire au plan de la fig et de telle manière que la force de Laplace soit égale au poids de la tige mais de sens opposé . La tige prend alors une nouvelle position d'équilibre

3.1. Quelle est la valeur du champ magnétique ?

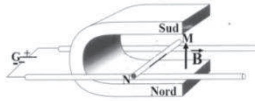
3.2. Quelle est la longueur des ressorts ?

05_PC Tome 1 Inner.indd 220 03/02/21 10:59 pm

Corrigé de l'exercice 1

1. L'aimant doit être placé pôle Sud vers le haut, car à l'extérieur de l'aimant le champ circule du N vers S

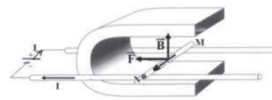
2. Le sens de I :



Le courant du générateur G sort par la borne positive, il circule alors dans la tige de M vers N (voir le schéma).

La tension aux bornes du générateur est nulle (court-circuit). U = E - r I = 0 soit I = E / r = 5 / 5 = 1 A

3. Les caractéristiques de la force de Laplace :



-Direction

$\vec{F} \perp \overline{MN}$ et $\vec{F} \perp \vec{B} \Rightarrow \vec{F}$ est horizontale

-Sens :D'après la règle d'orientation régissant les sens de la force $\vec{F}$, de l'intensité I et du champ magnétique $\vec{B}$ (les sens de I , $\vec{B}$ et $\vec{F}$ forment un trièdre direct) , la force $\vec{F}$ est dirigée vers la gauche.

Module : Comme indiqué, la longueur du conducteur soumis au champ magnétique correspond à la distance notée *l* dans l'énoncé et non pas à la longueur totale L de la barre F = B.I. *l*.sinα avec sinα =1 (α étant l'angle entre la direction du conducteur et le vecteur champ magnétique $\vec{B}$ et donc $\alpha = \pi/2$).

A.N : F = B I *l* = 12.10^{-3} N

4. Calcul du flux coupé :

Φ = B . S avec S = *l* .x où x la longueur du déplacement.

Φ = B . S = 0,2 x 8.10^{-2} x $6.10^{-2} \Leftrightarrow \Phi$ = 96. 10^{-5} Wb

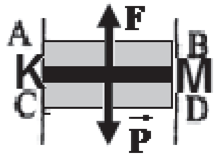
5. Détermination de la f.e.m induite :

e = - dΦ / dt =- Bl dx/dt = - BlV Avec V=x/t car V étant cte le mouvement rectiligne uniforme. Soit e = - 0,96V.

Corrigé de l'exercice 2

1. Calcul de I : E = rI $\Rightarrow$ I = E/r A.N : I = 10A

2.1. Le mouvement est uniforme $\sum \vec{F}_{ext} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{P} + \vec{F}_m = \vec{0} \Rightarrow \vec{F}_m = -\vec{P}$



$\vec{F}_m$ est dirigée vers le haut donc d'après la règle de l'observateur d'Ampère $\vec{B}$ est rentrant.

La valeur de $\vec{B}$ est telle que F_m =mg $\Leftrightarrow$IlB = mg $\Rightarrow$*B=mg/I.l*

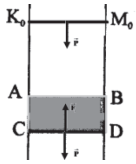
A.N : B = 0,4T

2.2.• Avant d'entrer dans ABCD le mouvement est uniformément accéléré d'équation $x_1 = K_0A = \frac{1}{2} g t_1^2 \Rightarrow t_1 = \sqrt{\frac{2K_0A}{g}} = 0,2s$

- **Dans ABCD le mouvement est uniforme de vitesse v_1 telle que $v_1^2=2gK_0A$**

$\Rightarrow$V =2m/S et d'équation x_2 =AC= $v_1t_2 \Rightarrow t_2$= AC/v_1=d/V=0,05s

La durée de chute est donc t = t_1 +t_2 A.N : t = 0,25s

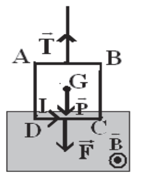


3.1. L'application du théorème de l'énergie cinétique donne

ΔEc = W_P + W_F = O $\Leftrightarrow$ mg.K_0C – IB'.l.AC = 0 $\Rightarrow$*B' = mgK$_0$A/I.l.AC*   A.N : B' = 1,2T

3.2. La barre reste soumise à la même accélération. Elle repart vers le haut jusqu'à K_0A où elle arrive sans vitesse et retombe. Ainsi son mouvement devient périodique.

Corrigé de l'exercice 3



1.1. Lorsque le courant est nul il n'y a pas de force électromagnétique, le dynamomètre indique le poids du cadre car

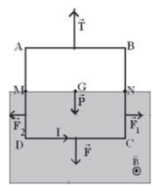
$\sum\vec{F}=\vec{0} \Leftrightarrow \vec{P}+\vec{T}_0=\vec{0} \quad \Leftrightarrow \quad P=T_0=2{,}5N$

1.2.1. Comme T> T_0 la force électromagnétique a le même sens que le poids. D'après la règle de la main droite le courant I circule de D vers C.

1.2.2. Calcul de l'induction B : $\sum\vec{F}=\vec{0} \Leftrightarrow \vec{P}+\vec{T}+\vec{F}=\vec{0}$

Par projection sur la verticale descendante :

P - T + F =0$\Rightarrow$ F = T – P =3.5 – 2.5 = 1N Or F = IaB soit $B=\frac{F}{aI}=\frac{3{,}5\text{-}2{,}5}{0{,}2\text{x}10}=0{,}5T$

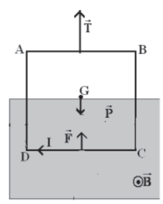


2. Lorsqu'on plonge le cadre jusqu'aux points M et N ; il s'exerce sur les cotés MD et NC deux forces magnétiques $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$. Ces deux forces ont la même intensité, la même direction mais des sens opposés et par conséquent $\vec{F}_1+\vec{F}_2=\vec{0}$ ce qui montre que l'indication du dynamomètre ne change pas.

$$\sum\vec{F}=\vec{0} \Leftrightarrow \vec{P}+\vec{T}+\vec{F}+\underbrace{\vec{F}_1+\vec{F}_2}_{\vec{0}}=\vec{0}$$

Par projection sur la verticale descendante :

P - T + F =0 $\Rightarrow$ T = F + P =3,5N



3.1. Lorsqu'on inverse le sens du courant sans changer son intensité, on inverse le sens de la force sans changer son intensité

$\sum\vec{F}=\vec{0} \Leftrightarrow \vec{P}+\vec{T}+\vec{F}=\vec{0}$

Par projection sur la verticale descendante :

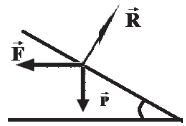
P - T - F =0 $\Rightarrow$ T = P – F = 2,5N – 1N = 1,5N

3.2. Lorsque le champ magnétique est supprimé il n'y a plus de force électromagnétique, le dynamomètre indique seulement le poids du cadre car
$\sum\vec{F}=\vec{0}\Leftrightarrow\vec{P}+\vec{T}_0=\vec{0}\Leftrightarrow\ P=T_0=2{,}5N$

Corrigé de l'exercice 4

1. Les forces sont : $\vec{F}$, $\vec{R}$ **et** $\vec{F}_m$

2. Les caractéristiques de $\vec{B}$ **:**

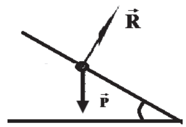


$\vec{B}$ **est vertical dirigé vers le bas d'après la règle de la main droite ; d'intensité B telle que : La tige est en équilibre (fig1)**$\Leftrightarrow\sum\vec{F}_{ext}=\vec{0}\Leftrightarrow\ \vec{P}+\vec{R}+\vec{F}_m=\vec{0}$ **avec** F_m **=IBd**

Par projection on obtient :$P\sin\alpha-F_0\cos\alpha=0\Rightarrow B=mg\tan\alpha/Id$ **avec** $I=E/R$

A.N :B=1T

3.1. Nature du mouvement : $\sum\vec{F}_{ext}=m\vec{a}\Leftrightarrow\ \vec{P}+\vec{R}=m\vec{a}\Rightarrow a=g\sin\alpha$ $\Rightarrow$**m.r.u.v (fig2)**

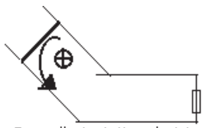


3.2. Calcul de la vitesse : En utilisant la relation indépendante du temps, on obtient $v^2=2ax\Rightarrow V=\sqrt{2g\sin\alpha}$ **A.N : v=1,25m/s.**

4.1. Calcul de l'intensité du courant I_0 **:**

$\Phi=BS\cos\theta=-B(S_0-xd)\cos\alpha$ **car** $\theta=(\pi-\alpha)$

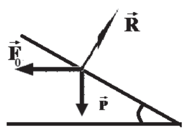
or $e=-d\phi/dt=-Bdv\cos\alpha$ **soit** $I_0=e/R=1{,}3A$


Sens d'orientation choisi

Les caractéristiques de la force $\vec{F}_0$ **:**

- **Direction : horizontale**
- **Sens : de droite vers la gauche**
- **Origine : milieu du segment**
- **Intensité :** $F_0=I_0Bd$ **; A.N :** $F_0=0{,}13N$

3.2. Inventaire :Les forces sont $\vec{F}$, $\vec{R}$ **et** $\vec{F}_0$



$\sum\vec{F}_{ext}=m\vec{a}\ \Leftrightarrow\ \vec{F}_0+\vec{R}+\vec{P}=m\vec{a}$

En projetant suivant le sens positif, on obtient :

$P\sin\alpha-F_0\cos\alpha=ma$

$\Rightarrow a=g\sin\alpha-F_0\cos/m$ **A.N:** $a=-2{,}75m/s^2$ $a.v<0\Rightarrow$**m.r.u.d**

3.3. Calcul de F_1

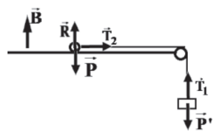
$P\sin\alpha-F_1\cos\alpha=0\Rightarrow F_1=mg\tan\alpha$ **A.N :** $F_1=0{,}073N$

Calcul de i_1 **:** $i_1=F_1/Bd$ **A.N :** $i_1=0{,}73A$

D'autre part $i_1=Bdv_1\cos\alpha/R\Rightarrow v_1=Ri_1/Bd\cos\alpha$ **A.N:** $v_1=1{,}55m/s$

Corrigé de l'exercice 5

1.1.1 Etude de l'équilibre du conducteur :



$\sum\vec{F}=\vec{0}\Leftrightarrow\vec{P}+\vec{R}+\vec{F}+\vec{T}_2=\vec{0}\Rightarrow\vec{F}=-\vec{T}_2$

Les caractéristiques de la force de Laplace :

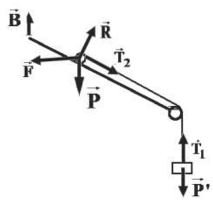
- **Direction** $\vec{F}\perp\overline{MN}$ et $\vec{F}\perp\vec{B}\Rightarrow\vec{F}$ est // aux rails
- **Sens : contraire de** $\vec{T}_2$ **(de la droite vers la gauche)**
- **Module : $F=T_2=T_1=P'$ car $T_1=P'$ A.N : $F=P'=Mg=1N$**
- **Origine : milieu de (M, N)**

1.1.2 Sens du courant dans la tige:

D'après la règle d'orientation régissant les sens de la force $\vec{F}$, de l'intensité I et du champ magnétique $\vec{B}$ (les sens de I , $\vec{B}$ et $\vec{F}$ forment un trièdre direct) , Le courant circule de M vers N dans le conducteur.

1.1.3 Calcul de B : F = B I $l\Rightarrow$ B=F/Il A.N : B=0,5T.

1.2 La valeur de B pour que MN reste en équilibre :



$\sum\vec{F}_{ext}=\vec{0}\Leftrightarrow\vec{P}+\vec{R}_n+\vec{F}+\vec{T}_2=\vec{0}$

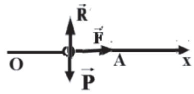
Par projection suivant xx'

$$P_x+T_2-F_x=0\Leftrightarrow P\sin\alpha-F\cos\alpha+T_2=0$$

$$\Rightarrow F=\frac{P\sin\alpha+P'}{\cos\alpha}\text{ or }F=IL B'\text{ soit }B'=\frac{(m\sin\alpha+M)g}{IL\cos\alpha}$$

$$A.N:B'=0,7T$$

2.1. Etude du mouvement :



$\sum\vec{F}=m\vec{a}\Leftrightarrow\vec{P}+\vec{F}=m\vec{a}$

Par projection sur Ox :

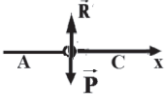
F =ma $\Rightarrow a=\frac{F}{m}=\frac{ILB}{m}$ A.N : a=25m/s². La tige est en m.r.u.v.

2.2. Calcul de V

m.r.u.v$\Rightarrow$ V²=2ax avec x=OA soit $V=\sqrt{2a(OA)}$ $A.N:V=\sqrt{2x25x0,16}=2,82m/s$

2.3. Durée de la distance OC

Soit t_1 la durée entre O et A (m.r.u.v):



$V=at_1\Rightarrow t_1=\frac{V}{a}=\frac{2,82}{25}=0,11s$

Soit t_2 la durée du mouvement entre A et C.

$\sum\vec{F}=m\vec{a}\Leftrightarrow\vec{P}+\vec{R}=m\vec{a}$

Par projection sur Ox :

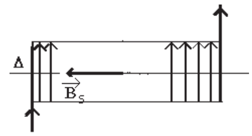
0 =a $\Rightarrow$m.r.u. $\Rightarrow$ x=V$t_2\Rightarrow t_2$=AC/V=0,02s

Calcul t

t=t_1 +t_2 = 0,11 + 0,02 =0,13s.

Corrigé de l'exercice 6

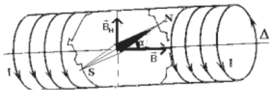
1. Caractéristiques du champ $\vec{B}$:



- **Origine : milieu du solénoïde**
- **Direction : l'axe du solénoïde**
- **Sens : donné par la règle de la main droite $\vec{SN}$**
- **Intensité :** $B = \mu_0 nI = \mu_0 \frac{N}{l} I$

A.N : B=1,67.10^{-3}T

2. Calcul de θ : Voir le schéma



$\tan\theta = \frac{B_H}{B_S} \Rightarrow B_S = \frac{B_H}{\tan\theta}$ **soit** $B_S = 1,16.10^{-5}T$

Déduction de l'intensité correspondante :

$\Rightarrow B_S = \mu_0 nI_1 \Rightarrow I_1 = \frac{B_S}{\mu_0 n}$ **soit** $I_1 = 1,4.10^{-2}A$

3.1. Calcul du flux :

$\Phi = BS\cos\theta$ **avec** $\theta = (\vec{n},\vec{B})$ **comme** $\theta = 0$**, on a** $\Phi = BS$ **soit** Φ **=4.10^{-4}Wb.**

3.2. La f.e.m induite : $e = -\frac{d\Phi}{dt} = -S\frac{dB}{dt}$

3.2.1. Les expressions de la f.e.m en fonction de t :

Sur $[0;2ms]$ $e_1 = 0$ **car** $B = cte$

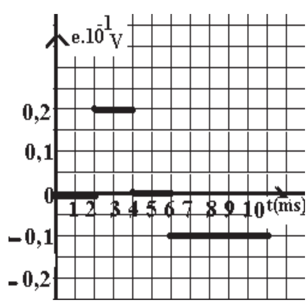
Sur $[2ms;4ms]$ $B = at + b$ **avec** $\begin{cases} a = \frac{dB}{dt} = -250 \\ b = 1 \end{cases}$ **donc** $B = -250t + 1$ **soit** $e_2 = 0,2V$

Sur $[4ms;6ms]$ $e_3 = 0$ **car** $B = cte$

Sur $[6ms;10ms]$

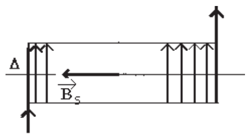
$B = a't + b'$ **avec** $\begin{cases} a' = \frac{dB}{dt} = 125 \\ b' = -0,75 \end{cases}$ **donc** $B = 125t - 0,75$ **soit** $e_4 = -0,1V$

3.2.2. Représentation de la fonction $e = f(t)$ **:**



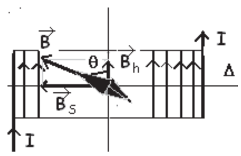
Corrigé de l'exercice 7

1. Caractéristiques du champ $\vec{B}$:



- **Origine : milieu du solénoïde**
- **Direction : l'axe du solénoïde**
- **Sens : donné par la règle de la main droite $\overrightarrow{SN}$**
- **Intensité :** $B=\mu_0 nI=\mu_0\frac{N}{l}I$ **A.N : $B=4.10^{-3}T$**

2. Calcul de θ : Voir le schéma

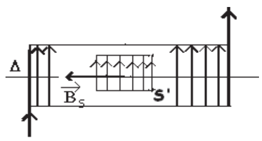


$\tan\theta=\frac{B_S}{B_b}$ **A.N : $\theta=89{,}7^0$**

3. Calcul du flux : $\Phi=NBS\cos\theta$ **avec** $\theta=(\vec{n},\vec{B})$

comme $\theta=0$**, on a** $\Phi=NBS$ **A.N :** $\Phi=2{,}4.10^{-4}$**Wb.**

4. La f.e.m induite : (voir schéma)



$e=-\frac{d\Phi}{dt}=-4.10^{-6}NN'r^2\frac{1}{l}\frac{di}{dt}$ avec $\pi^2=10$ **avec**

$i=-19{,}1t+3{,}82$ **A.N : $e=12.10^{-3}V$**

5. La période T correspond à 2ms.

Expression de l'intensité i du courant :

- **Si** $t\in[0;1ms]$ **i=at avec a=200 soit i=200t**
- **Si** $t\in[1ms;2ms]$ **i=at+b avec a=--200 et b=4 soit i=200t+4**

Calcul de la f.e.m induite sur ces intervalles :

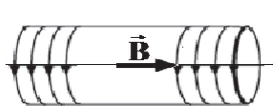
$e=-\frac{d\Phi}{dt}=-4.10^{-6}NN'r^2\frac{1}{l}\frac{di}{dt}$=-63,37 $\frac{di}{dt}$ en prénant $\pi^2=10$

- **Si** $t\in[0;1ms]$ **$e=-1{,}27.10^{-1}$ V**
- **Si** $t\in[1ms;2ms]$ **$e=1{,}27.10^{-1}$ V.**

Corrigé de l'exercice 8

1. Voir schéma

D'après la règle de la main droite le sens de $\vec{B}$ est celui indiqué sur le schéma :



2. Calcul de l'intensité I

$I=\frac{E}{\sum R}=\frac{4{,}5}{2+3}=0{,}9A$

Calcul de l'intensité B :

$B = \mu_0 nI = \mu_0 \frac{N}{l} I$ **A.N : B=12,56.10^{-4}T**

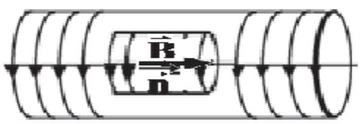
3. Calcul du flux :

$\Phi = BS\cos\theta$ **avec** $\theta = (\vec{n}, \vec{B}) = 0$**, on a**

$$\Phi = N_2 SB = N_2 \pi r^2 B = 400\pi.9.10^{-4}.12,56.10^{-4} \simeq 142.10^{-5}\,Wb$$

Ou Φ =144.10^{-5}Wb si on prend π^2=10

4.1. Comme l'intensité du courant varie en fonction du temps, B varie aussi d'où la variation du flux et apparition du phénomène d'induction ($e = -\frac{d\Phi}{dt} \neq 0$).



4.2.L'expression du flux magnétique à travers la bobine.

$$\boxed{\Phi = N_2 BS = N_2 S\mu_0 \frac{N_1}{l} i = 16.10^{-4} i}$$

L'expression de la f.e.m e

$$\boxed{e = -\frac{d\Phi}{dt} = -16.10^{-4}\frac{di}{dt}}$$

- **Sur [0;4ms]**

$$i_1 = at + b \text{ Avec } \begin{cases} a = \frac{\Delta i}{\Delta t} = -3,75 \\ b = 0 \end{cases}$$

Donc $i_1 = -3,75t$

Soit $\Phi_1 = -6.10^{-3} t$

$$e_1 = -\frac{d\Phi_1}{dt} = 6.10^{-3} V$$

- **Sur [4ms;6s]**

$$i_2 = a't + b' \text{ Avec } \begin{cases} a' = \frac{\Delta i}{\Delta t} = 0 \\ b' = -15.10^{-3} \end{cases}$$

Donc $i_2 = -15.10^{-3} A$ **Soit** $\Phi_2 = 16.10^{-4}(-15.10^{-3}) = -2,4.10^{-5}\,Wb$

$$e_2 = -\frac{d\Phi_2}{dt} = 0$$

- **Sur [6ms;10s]**

$$i_3 = a''t + b'' \text{ Avec} \begin{cases} a'' = \frac{\Delta i}{\Delta t} = 5 \\ b'' = -45.10^{-3} \end{cases}$$

Donc $i_3 = 5t - 45.10^{-3}$ **Soit** $\Phi_3 = 16.10^{-4}(5t - 45.10^{-3})$

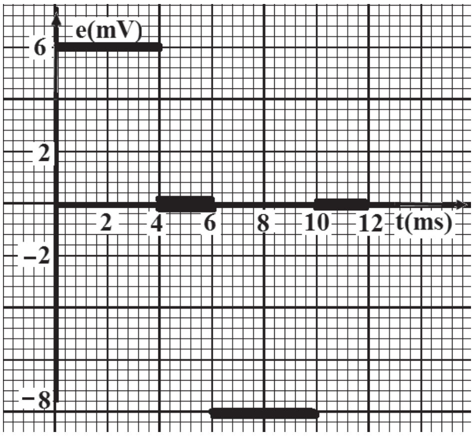
$$e_3 = -\frac{d\Phi_3}{dt} = -8.10^{-3}V$$

- **Sur [10ms;12s]**

$$i_4 = a'''t + b''' \text{ Avec} \begin{cases} a''' = \frac{\Delta i}{\Delta t} = 0 \\ b''' = 5.10^{-3} \end{cases}$$

Donc $i_4 = 5.10^{-3}A$ **Soit** $\Phi_4 = 16.10^{-4}(5.10^{-3}) = 8.10^{-6}Wb$ $e_4 = -\frac{d\Phi_4}{dt} = 0$

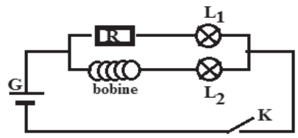
Voir la courbe



Auto-induction et circuit RL

1. Auto-induction

✓ **Mise en évidence**



Lorsque l'on ferme l'interrupteur K, la lampe L_1 s'allume instantanément, alors que la lampe
L_2 s'allume avec un retard de quelques secondes.

✓ **Interprétation**

Lorsqu’un courant variable circule dans un circuit comportant une bobine, il crée un champ magnétique variable.
Cette variation s’accompagne de la production d’une force électromotrice induite appelée force électromotrice d’auto-induction.
Le courant d’auto-induction tend à s’opposer aux variations du courant qui lui donne naissance.
Une bobine tend donc à s’opposer à l’établissement et à l’annulation du courant.

✓ **Expression de la force électromotrice d’auto-induction.**

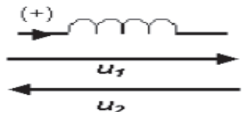
La force électromotrice d’auto-induction e est proportionnelle à la dérivée de l’intensité du courant dans le circuit. Ainsi : $e = - L\,di/dt$
L représente l’inductance du circuit et s’exprime en Henry (H)

Inductance d’un solénoïde

L’inductance d’un solénoïde est donnée par la formule :

$$L = \mu_0 \frac{N^2 S}{\ell}$$

✓ **Tension aux bornes d’une bobine**



Soit r est la résistance interne de la bobine et L son inductance.
Le sens positif du courant est choisi arbitrairement.
On a

$$u_1 = e - r\,i = - L\frac{di}{dt} - r\,i$$

$$u_2 = r\,i - e = r\,i + L\frac{di}{dt}$$

Remarque : **En courant continu (i = constante), en régime permanent, on a alors :** $di/dt = 0$**. La bobine se comporte alors comme un résistor pur**

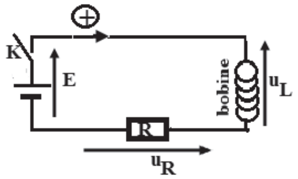
✓ **Energie emmagasinée**

Lorsqu’une bobine est traversée par un courant i, elle emmagasine de l’énergie.
L’énergie emmagasinée est donnée par la relation : $E = 1/2\, L\, i^2$

2. Circuit RL

1. Etablissement du courant aux bornes d'un solénoïde

Montage :



Lorsque l'on ferme l'interrupteur K, le générateur établit une tension constante E aux bornes d'un circuit comportant une bobine d'inductance L et de résistance négligeable et un résistor de résistance R.

D'après la loi des mailles, on a : $E = U_R + U_L$

D'après les conventions choisies (voir schéma), on a $U_R = R\,i$ et $U_L = \frac{L\,di}{dt}$

Ainsi, on aura :

$E = R\,i + L\,di/dt$ équation différentielle du circuit.

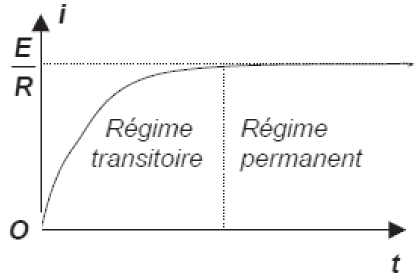
La solution de cette équation différentielle est si l'on choisit t = 0 au moment où l'on ferme l'interrupteur K (début du phénomène) :

$$i = \frac{E}{R}\left(1 - e^{-\frac{R}{L}t}\right)$$

Le rapport $\tau = \frac{L}{R}$ est appelé constante de temps du circuit.

L'allure de la courbe donnant l'intensité i en fonction du temps sera donc :

Le phénomène se décompose en deux phases :

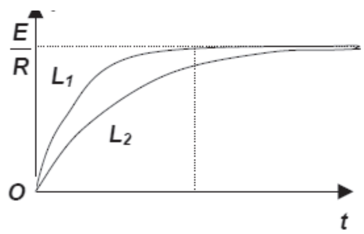


- **Une phase transitoire où la bobine par auto-induction crée un courant induit qui s'oppose au passage du courant imposé par le générateur. On dit que la bobine s'oppose à l'établissement du courant.**
- **Une phase permanente où la bobine se comporte comme un résistor.**

Influence de l'inductance :

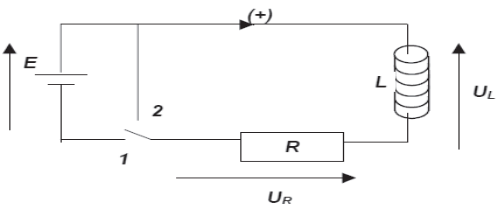
La durée d'établissement du courant augmente avec la valeur de l'inductance.

Si on fait l'expérience avec deux bobines d'inductances L_1 et L_2 avec $L_2 > L_1$, on aura :



2. Rupture du courant dans un solénoïde

Montage :



On recommence l'expérience précédente, on laisse le régime permanent s'établir, et à l'instant t= 0, on bascule l'interrupteur de la position 1 à la position 2

D'après la loi des mailles, on a : $0 = U_R + U_L$

D'après les conventions choisies (voir schéma), on a $U_R = R\,i$ et $U_L = \frac{Ldi}{dt}$

Ainsi, on aura :

$Ri + \frac{Ldi}{dt} = 0$ **Équation différentielle du circuit.**

A la date t = 0, on a i =E/R

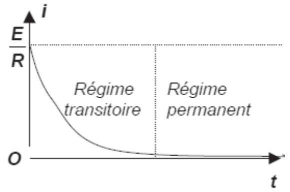
La solution de cette équation différentielle est

$$i = \frac{E}{R} e^{-\frac{R}{L}t}$$

Le rapport $\tau = \frac{L}{R}$ est appelé constante de temps du circuit.

L'allure de la courbe donnant l'intensité i en fonction du temps sera donc :

Le phénomène se décompose en deux phases :



- **Une phase transitoire où la bobine par auto-induction crée un courant induit dans le même sens que celui qui était imposé par le générateur.**

On dit que la bobine s'oppose à la rupture du courant.

- **Une phase permanente où le courant circulant dans le circuit est nul**

Exercice1

Une bobine de résistance r=10Ω comporte 1000spires de 10cm² de section. Parcourue par un courant d'intensité 1A, elle crée un champ magnétique $\vec{B}$ de module B =$1,25.10^{-3}$T.

1. Quelle est la valeur du flux propre Φ_p ? En déduire l'inductance L de la bobine.

2. Lors de l'ouverture du circuit, la loi de variation du flux propre est une fonction affine du temps Φ =At + B. Quel est le signe de A ? Quelle est la valeur de B ?

3. Quelle est la durée Δt de l'ouverture du circuit sachant que la f.e.m induite a pour valeur 5volts ?

4. Calculer la valeur du courant induit i et du champ magnétique induit B_i.

5. La bobine est montée en série avec un dipôle ohmique de résistance R=20Ω selon le montage de la fig 1. Soit i(t) l'intensité à l'instant t.

5.1. Exprimer les tensions $u_1(t)$ et $u_2(t)$ en fonction de i(t).

5.2. Sur la voie y_2 de l'oscillographe on observe la courbe (fig2).

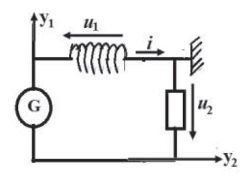


Fig1

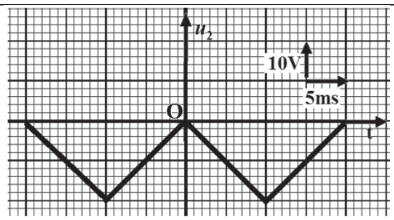


Fig2

Représenter i en fonction du temps. Echelle : 1cm→5ms et 1cm→500mA.

Exercice2

On considère un solénoïde formé de 800 spires par mètre parcouru par un courant de 5.10^{-1}A.

1.1. Faire le schéma du solénoïde en précisant un sens pour le courant, et donner les caractéristiques du champ magnétique crée par ce courant en son centre C. On donne : $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$S.I

1.2. Déterminer l'angle de déviation d'une petite aiguille aimantée sur pivot placée en son centre si l'axe Δ du solénoïde est perpendiculaire au méridien magnétique (schéma obligatoire).

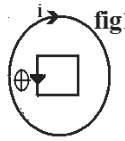


fig1

2. L'aiguille aimantée est retirée et remplacée par une bobine plate carrée de côté 8cm, comportant 100 spires.

Le solénoïde est traversé par un courant variable $i = 2.10^{-1}\cos(100\pi t + \frac{\pi}{2})$

2.1. Donner les expressions du flux magnétique à travers la bobine et de la force électromagnétique induite en fonction du temps et déterminer leurs valeurs maximales.

2.2. Que détecte un oscilloscope branché aux bornes de la bobine en circuit ouvert. Donner l'allure de cette courbe pour $t \in [0; 20ms]$.

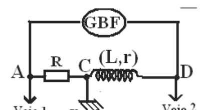


fig2

3. On réalise le montage de la fig 2 qui comporte le solénoïde précédent de résistance $r = 4\ \Omega$ et d'inductance $L = 0{,}1\,H$ monté en série avec un dipôle ohmique de résistance $R = 10\,\Omega$.

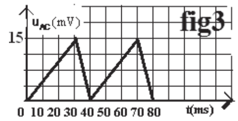


fig3

Le circuit est alimenté par un générateur de tension délivrant des signaux triangulaires. On observe sur la voie 1 la courbe de la fig 3.Trouver les expressions de la tension u_{CD} aux bornes de la bobine visualisée sur la voie 2.

Exercice3

Un solénoïde comprend N=500 spires de section moyenne S= 15cm^2, réparties régulièrement sur une longueur l=40cm.

1. Un courant continu d'intensité I=0,01A parcourt le fil conducteur. Donner les caractéristiques (direction, sens, valeur) du vecteur champ magnétique crée à l'intérieur de la bobine. Faire un schéma sur lequel on précisera le sens du courant et du champ magnétique. $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ S.I

2. L'intensité du courant dévient nulle pendant Δt=0,05s.

2.1. Calculer le coefficient d'auto inductance de la bobine.

2.2. Quelle est la variation du flux à travers le solénoïde, pendant cet intervalle de temps?

2.3. Quelle est pendant la rupture du courant, la valeur moyenne de la force électromotrice induite ?

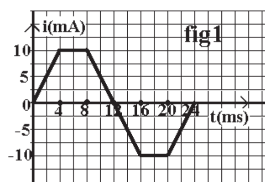


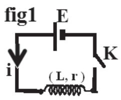
fig1

3. Les variations de l'intensité du courant en fonction du temps sont maintenant conformes aux indications du graphe.

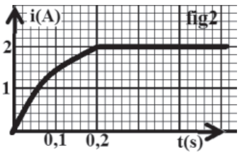
Déterminer les diverses valeurs prises par la force électromotrice d'auto-induction et représenter graphiquement ces variations en fonction du temps.

Exercice 4

1. Une bobine S de résistance r, d'auto-inductance L et de diamètre 2cm, comprend 1000 spires. Elle est branchée aux bornes d'un générateur de f.e.m E=20Vet de résistance intérieure négligeable (voir fig1).



On ferme l'interrupteur K à l'instant t=0 et on enregistre à l'oscillographe la représentation graphique i=f(t) (fig2).



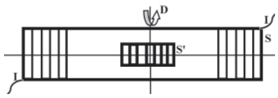
Cette courbe présente une tangente à l'instant t=0 dont la valeur du coefficient directeur est 40 dans les unités S.I.

1.1. A l'aide de la représentation graphique, préciser comment varie qualitativement la f.e.m d'auto-induction e.

1.2. Donner l'équation différentielle donnant i(t).

1.3. Déterminer, à l'instant de la fermeture, lorsque l'intensité est encore pratiquement nulle, la valeur de la f.e.m d'auto-induction e. En déduire l'auto-inductance L de la bobine.

2. Dans le cas où t>0,2s.



2.1. Quelle est la valeur de la f.e.m d'auto-induction e ? En déduire la résistance r de la bobine.

2.2. Calculer le champ magnétique à l'intérieur de la bobine (solénoïde). On prendra $\pi^2=10$

2.3. A l'intérieur de la bobine S est placé une petite bobine S' comportant 800 spires dont chacune a une section $S'=2cm^2$.Les deux bobines ont le même axe Δ horizontal.

2.3.1. Quelle est la valeur du flux du champ magnétique $\vec{B}$ à l'intérieur de la bobine S'?

2.3.2. On fait décroitre l'intensité du courant I de I=2A à I=0 en 0,2s selon une fonction affine du temps. Quelle est la f.e.m induite dans S' ? Préciser sur un schéma, le sens de $\vec{B}$, de I et du courant induit i qui traverse S' si on réunit ses deux extrémités.

2.3.3. On rétablit dans la bobine S le courant I=2A et on imprime à S'un mouvement de rotation uniforme de vitesse angulaire ω=10rad/s autour de l'axe D vertical passant par son centre. Donner l'expression du flux magnétique à travers S' et celle de la f.e.m d'induction. Calculer la valeur maximale de cette f.e.m.

Exercice5

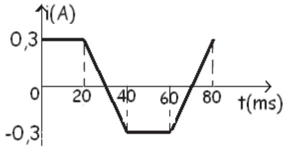
On réalise un solénoïde à l'aide d'un fil de cuivre de diamètre $0,6mm$, enroulé sur un cylindre de $0,6m$ de longueur et de $4cm$ de diamètre. Le nombre de spires est $N = 1000$.

1. Les spires sont-elles jointives ?

2. Déterminer la longueur l du fil utilisé.

3. Calculer l'inductance L de ce solénoïde. $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ S.I .

4. Cette bobine est parcourue par un courant $I = 2A$. Quelle est la tension U_1 à ses bornes ? La résistance de la bobine est $R = 20\Omega$. Déterminer les caractéristiques du champ magnétique $\vec{B}$ à l'intérieur du solénoïde.



5. La bobine est parcourue par un courant dont l'intensité varie avec le temps comme l'indique le graphe (fig 4):

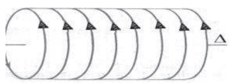
5.1. Pour quels intervalles de temps y'a-t-il variation du flux à travers la bobine? On se limitera à des instants tel que $0 \leq t \leq 8.10^{-2}s$.

5.2. Calculer la f.e.m d'auto-induction dans ces intervalles de temps.

5.3. Donner l'expression littérale de la tension u aux bornes de la bobine pour $0 \leq t \leq 8.10^{-2}s$.

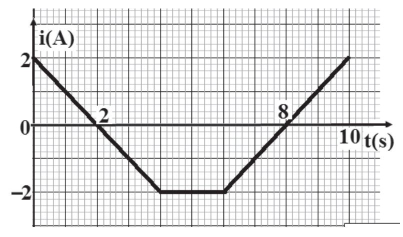
Exercice 6

1. On considère un solénoïde S de longueur *l* = 0,5m, de diamètre 10cm et comportant N =5000 spires. Etablir l'expression de l'inductance L du solénoïde S.



Faire l'application numérique. On prendra π^2=10 et $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ S.I

2. Le solénoïde S est parcouru maintenant par un courant dont l'intensité i varie comme l'indique la courbe.



2.1. Quel phénomène apparaît dans le solénoïde? Justifier la réponse.

2.2. Donner en fonction de L et i l'expression de la force électromotrice induite qui apparaît dans le solénoïde et calculer ses valeurs dans les intervalles suivants: [0;4s] ; [4s;6s] et [6s;10s].

3. Soient A et C les bornes du solénoïde. Déterminer l'expression de la tension dans chacun des intervalles précédents, sachant que la résistance r du solénoïde est 10 Ω.

4. Représenter graphiquement U_{AC} = f(t) dans l'intervalle [0s;10s].

Exercice7

Un solénoïde S comprend N=1000 spires de section moyenne S= 15cm^2, réparties régulièrement sur une longueur l=40cm.

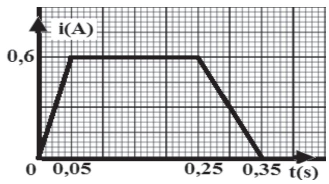
1. Un courant continu d'intensité I=0,6A parcourt le fil conducteur du solénoïde S. Donner les caractéristiques du vecteur champ magnétique $\vec{B}$ crée à l'intérieur du solénoïde.

Faire un schéma sur lequel on précisera le sens du courant et du champ magnétique. On donne $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ S.I.

2. L'intensité du courant devient nulle en 0,04s suivant une fonction affine.

2.1. Quelle est la variation du flux propre?

2.2. Calculer l'inductance propre de la bobine. Quelle est la valeur de la force électromotrice d'auto-induction?



3. Les variations de l'intensité du courant sont maintenant celles indiquées sur le graphe.

3.1. Calculer les valeurs prises par la f.e.m induite pour:

$t_1 \in [0;0,05]$, $t_2 \in [0,05;0,25]$ et $t_3 \in [0,25;0,35]$.

3.2. Représenter les variations de cette f.e.m en fonction du temps.

.

Exercice8

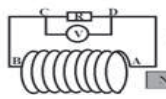
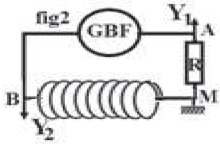


fig 1

On déplace un barreau aimanté devant la face A d'une bobine branchée au bornes d'un résistor de résistance R comme le montre la figure 1.

1. Lors du déplacement de l'aimant, le voltmètre indique une tension U_{DC} positive.

fig2



1.1. Préciser le signe de la f.e.m $e=V_A - V_B$.

1.2. En déduire le sens du courant électrique induit dans la bobine.

1.3. Représenter les champs $\vec{b}$ induit et $\vec{B}$ inducteur à l'intérieur de la bobine.

2. On fait circuler dans la bobine d'inductance L et de résistance négligeable un courant variable pour déterminer expérimentalement son inductance L. Pour cela on utilise le schéma de la figure2

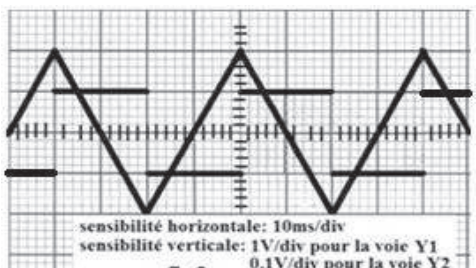


fig3

2 :

2.1. On visualise les tensions u_{AM} sur la voie Y_1 et u_{BM} sur la voie Y_2 d'un oscilloscope; on obtient sur l'écran les courbes de la figure 3.

2.1.1. Associer chaque courbe à la tension qui lui correspond.

2.1.2. Exprimer u_{BM} en fonction de u_{AM}.

2.1.3. En utilisant l'intervalle de temps [0 ; 20ms], déduire la valeur de l'inductance L de la bobine si R=200Ω.

2.2. Trouver sur le même intervalle de temps l'expression de i(t) et en déduire la valeur de la f.e.m d'auto-induction e sur cet intervalle.

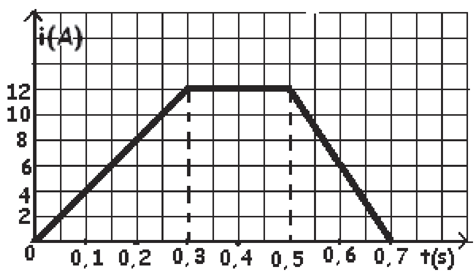
Exercice9

On considère un solénoïde dont les caractéristiques sont : rayon de la spire r=20cm ; nombre de spires N=1000 spires ; longueur de la bobine *l*=2m.

1.1. Etablir la formule donnant l'inductance L de ce solénoïde en fonction de r, ℓ et N puis calculer sa valeur. On prendra $\pi^2 = 10$.

1.2. Calculer la force électromotrice d'auto induction produite dans cette bobine lorsque l'intensité du courant qui circule prend l'une des expressions suivantes :

$i_1 = 3t + 4$ **et** $i_2 = 5\sqrt{2}\cos(200\pi t + \frac{\pi}{6})$



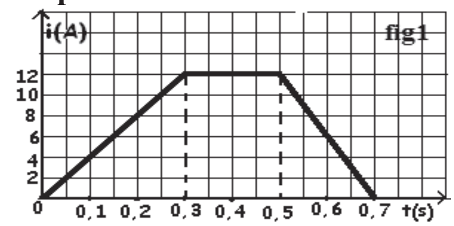
1.3. Les variations de l'intensité du courant en fonction du temps sont maintenant conformes aux indications du graphe (fig 3). Durant l'intervalle de temps [0 ; 0,7] ; déterminer les diverses valeurs prises par la f.e.m d'auto induction e et représenter les variations de cette grandeur en fonction du temps.

2. Le solénoïde de résistance r est branché dans un circuit comprenant un générateur de force électromotrice E et de résistance négligeable, une résistance non inductive R et un interrupteur K.

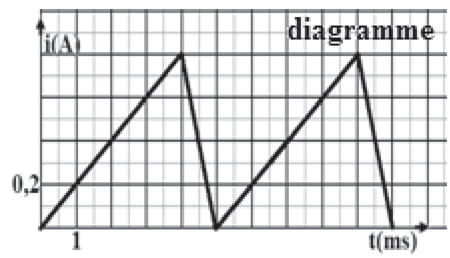
On considère maintenant la période d'établissement du régime permanent. L'interrupteur a été fermé à l'instant t=0, soit i l'intensité du courant à l'instant t. Etablir l'équation reliant l'intensité i, sa dérivée $\frac{di}{dt}$ et les caractéristiques du circuit.

Exercice 10

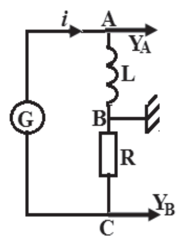
On considère un solénoïde dont les caractéristiques sont : rayon de la spire r=20cm ; nombre de spires N=1000 spires ; longueur de la bobine l=1,6m.
1.1. Etablir la formule donnant l'inductance L de ce solénoïde en fonction de μ_0, r, l, et N puis calculer sa valeur. On prendra $\pi^2=10$ et $\mu_0=4\pi.10^{-7}$ S.I.
1.2. Calculer la force électromotrice d'auto induction produite dans cette bobine lorsque l'intensité du courant qui circule



a pour expression : $i = 10.\cos(100\pi t + \dfrac{\pi}{2})$
1.3. Les variations de l'intensité du courant en fonction du temps sont maintenant conformes aux indications du graphe (fig 1).
Durant l'intervalle de temps [0 ; 0,7s] ; déterminer les diverses valeurs prises par la f.e.m d'auto induction e et représenter les variations de cette grandeur en fonction du temps.

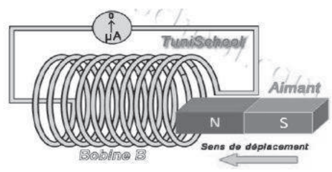


2. La bobine et un résistor de résistance R=12,5Ω sont montés en série avec un générateur G délivrant un courant dont les variations en fonction du temps sont représentées par le diagramme. Un oscilloscope permet de visualiser les tensions $u_{AB}(t)$ et $u_{BC}(t)$.



Les réglages de l'oscilloscope sont les suivantes:
Balayage horizontal: 1ms.div^{-1}.
Sensibilité verticale : voie A: 20V.div^{-1} ; voie B: 2V.div^{-1}.
2.1. Quelle tension visualise la voie y_B.
2.2. Rappeler l'expression de tension $u_{AB}(t)$ en fonction de L et i(t). Représenter l'allure de cette tension sur deux périodes.
2.3. On reprend l'expérience décrite au début mais avec une bobine de même inductance mais de résistance interne r=5Ω. Représenter, avec justification, l'allure de $u_{AB}(t)$.

Exercice 11

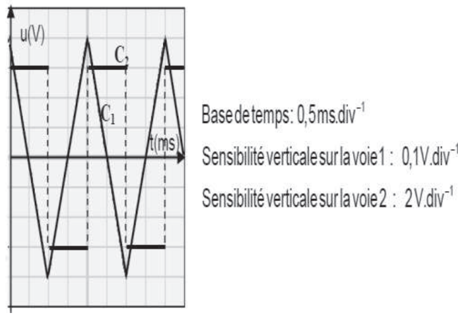


A proximité d'une bobine B qui est fermée sur un microampèremètre, on place un aimant droit (voir figure).
1. On rapproche le pôle nord de l'aimant de l'une des faces de la bobine B.

1.1. Représenter le champ magnétique B_A créé par l'aimant dans la bobine B.
1.2. Enoncer la loi de Lenz. Représenter le champ magnétique Bi induit dans la bobine B. En déduire le sens du courant induit.
1.3. Préciser l'inducteur et l'induit.
2. On éloigne la bobine B de l'aimant :
2.1. Le sens du champ magnétique B_A varie-t-il ?
2.2. Représenter le champ magnétique induit Bi créé dans la bobine B.
2.3. Préciser le sens du courant induit dans B.

Exercice 12

On réalise le montage série comportant une bobine d'inductance L et de résistance négligeable, une résistance de valeur R=10kΩ ainsi qu'un générateur basse fréquence dont la masse n'est pas reliée à la terre et qui délivre entre ses bornes une tension alternative triangulaire.



1. Réaliser le schéma de principe du montage. Ajouter les branchements à effectuer pour visualiser la tension aux bornes de la bobine sur la voie 1 et la tension aux bornes de la résistance R sur la voie 2.
2. L'une de ces tensions permet d'observer l'allure de i(t). Laquelle ? Justifier la réponse.
3. L'oscillogramme ci-contre donne l'allure des différentes tensions observées. Déterminer la période T de l'intensité du courant.
4. On considère, sur l'oscillogramme précédent, une demi-période où la tension u_L aux bornes de la bobine est positive.
4.1. Déterminer la valeur de la tension u_L.
4.2. Etablir une relation entre la tension U_{AB} et la tension U_{CB}.
4.3. Trouver l'expression de la tension $U_{BC}(t)$.
4.4. En déduire la valeur L de l'inductance de la bobine

Corrigé de l'exercice 1

1. Calcul du flux propre Φ_P :

$\Phi_P = BS\cos\theta$ avec $\theta = (\vec{n},\vec{B}) = 0$, on a $\Phi_P = NBS$

soit $\Phi_P = 1{,}25.10^{-3}$ Wb.

Déduction de l'inductance L :

$$\Phi_P = LI \Rightarrow L = \frac{\Phi_P}{I} = 1{,}25\text{mH}$$

2. Comme le flux décroit en fonction du temps, A est alors négatif.

à t=0 $\Phi_P = B = 1{,}25.10^{-3}$ Wb

3. Calcul de la durée Δt :

$$e = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = -\frac{\Delta\Phi}{e} = -\frac{1{,}25.10^{-3}}{5} = 0{,}25.10^{-3}\text{s}$$

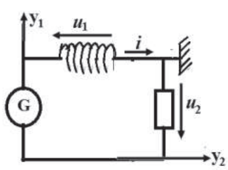
4. Calcul de i :

$$i = \frac{e}{\sum R} = \frac{5}{10} = 0{,}5A$$

$B_i = \mu_0 ni$ et $B = \mu_0 nI \Rightarrow \mu_0 n = \frac{B}{I}$

soit $B_i = \frac{B}{I}i = 0{,}625.10^{-3}T$

5.1. Expressions des tensions :



$u_1(t) = ri(t) + L\frac{di(t)}{dt}$ et

$u_2(t) = -Ri(t)$

5.2. Expression de $i(t) = f(t) = \frac{u_2(t)}{R}$:

- **Sur $[0;0{,}01s]$**

$u_2 = at + b$ Avec $\begin{cases} a = \frac{\Delta u_2}{\Delta t} = -2.10^3 \\ b = 0 \end{cases}$

Donc $u_2 = -2.10^3 t$

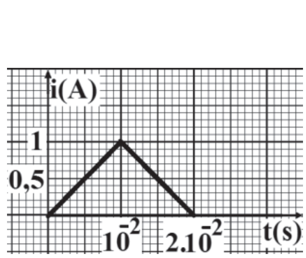
Soit $i = \frac{2.10^3 t}{20} = 10^2 t$

- **Sur $[10^{-2};210^{-2}]$**

$u_2 = at + b$ Avec $\begin{cases} a = \frac{\Delta u_2}{\Delta t} = 2.10^3 \\ b = -40 \end{cases}$

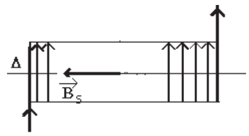
Donc $u_2 = 2.10^3 t - 40$

Soit $i = \frac{u_2}{20} = -10^2 t + 2$



Corrigé de l'exercice 2

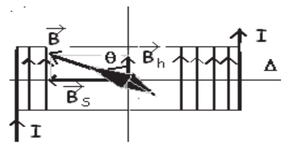
1.1. Caractéristiques du champ $\vec{B}$:



- **Origine : milieu du solénoïde**
- **Direction : l'axe du solénoïde**
- **Sens : donné par la règle de la main droite $\vec{SN}$**
- **Intensité : $B = \mu_0 n I$ A.N : B=5,024.10^{-4}T**

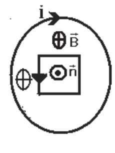
1.2. Calcul de θ : Voir le schéma

$\tan\theta = \frac{B_S}{B_b}$ **A.N : θ=87,7^0**



2.1. Expression du flux :

$\Phi = NBS\cos\theta$ **avec** $\theta = (\vec{n}, \vec{B})$ **comme** $\theta = \pi$**, on a** $\Phi = -NBS$ $\Phi = -NS\mu_0 ni$ **avec**



$i = 2.10^{-1}\cos(100\pi\, t + \frac{\pi}{2}) \Rightarrow \Phi = -1,3.10^{-4}\cos(100\pi\, t + \frac{\pi}{2})$

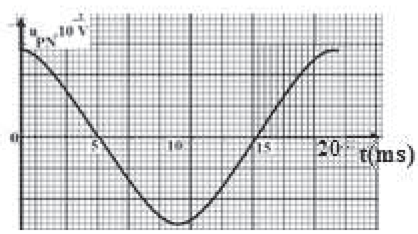
Expression de la f.e.m induite :

$e = -\frac{d\Phi}{dt} = NS\mu_0 n\frac{di}{dt}$ $\Rightarrow e = 4.10^{-2}\sin(100\pi\, t + \frac{\pi}{2})$

$\Rightarrow \Phi_{max} = 1,3.10^{-4}\,Wb$ $\Rightarrow e_{max} = 4.10^{-2}\,V$

2.2. L'oscilloscope détecte la tension $u_{NP} = -e$ ou $u_{PN} = e$ **aux bornes de l'induit.**

L'intervalle $[0;20ms]$ **correspond à une période** $T = 20ms$ **(voir courbe)**



3. Les expressions de la tension u_{DC}

La tension aux bornes de la résistance a pour expression $u_{AC} = Ri$ **et celle aux bornes de la bobine**

s'écrit $u_{DC} = ri + L\frac{di}{dt}$ **avec** $i = \frac{u_{AC}}{R} \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{1}{R}\frac{du_{AC}}{dt}$

soit $u_{DC} = \frac{r}{R}u_{AC} + \frac{L}{R}\frac{du_{AC}}{dt}$

Sur $[0;30ms]$

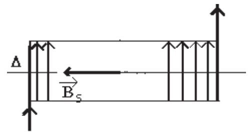
$u_{AC} = at + b$ **avec** $\begin{cases} a = \frac{du_{AC}}{dt} = 0,5 \\ b = 0 \end{cases}$ **donc** $u_{AC} = 0,5t$ **soit** $u_{DC} = 0,2t + 5.10^{-3}$

Sur $[30;40ms]$

$u_{AC} = a't + b'$ **avec** $\begin{cases} a' = \frac{du_{AC}}{dt} = -1,5 \\ b' = 6.10^{-2} \end{cases}$ **donc** $u_{AC} = -1,5t + 6.10^{-2}$ **soit**

$u_{DC} = -0,6t + 9.10^{-3}$

Corrigé de l'exercice 3



1.1. Caractéristiques du champ $\vec{B}$:

- Origine : milieu du solénoïde

- Direction : l'axe Δ du solénoïde

- Sens : donné par la règle de la main droite $S\vec{N}$ (voir schéma).

- Intensité : $B = \mu_0 nI = \mu_0 \frac{N}{l} I$ **A.N : B=1,57.10^{-5}T**

2.1. Calcul de l'inductance L :

$L = \frac{N^2 S \mu_0}{l}$ **A.N : L=0,12.10^{-2} H.**

2.2. La variation du flux ΔΦ :

$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -\Phi_1 = -LI_1 = -12.10^{-6}$ **Wb**

2.3. La valeur moyenne de la f.e.m induit :

$e_m = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ **A.N :** $e_m = 2,4.10^{-4} V$

3. Les diverses valeurs de la f.e.m induite :

La f.e.m induite : $e = -L\frac{di}{dt}$ **:**

- **Sur** $[0ms; 4ms]$

$i_1 = at + b$ **Avec** $\begin{cases} a = \frac{\Delta i}{\Delta t} = 2,5 \\ b = 0 \end{cases}$ **Donc** $i_1 = 2,5t$ **Soit** $e_1 = -L\frac{di_1}{dt} = -3.10^{-3} V$

- **Sur** $[4ms; 8ms]$ $i_2 = 10^{-2} A$ **soit** $e_2 = 0$
- **Sur** $[8ms; 16ms]$

$i_3 = a't + b'$ **Avec** $\begin{cases} a' = \frac{\Delta i}{\Delta t} = -2,5 \\ b' = 0,03 \end{cases}$ **Donc** $i_3 = -2,5t + 0,03$ **Soit** $e_3 = -L\frac{di_3}{dt} = 3.10^{-3} V$

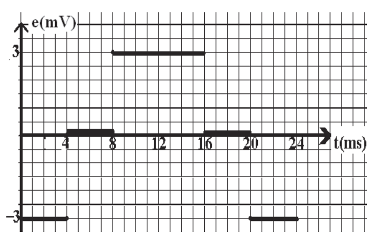
- **Sur** $[16ms; 20ms]$

  $i_4 = -10^{-2} A$ **soit** $e_4 = 0$

- **Sur** $[16ms; 20ms]$ $i_5 = a''t + b''$ **Avec** $\begin{cases} a'' = \frac{\Delta i}{\Delta t} = 2,5 \\ b'' = -0,06 \end{cases}$ **Donc** $i_5 = 2,5t - 0,06$ **Soit**

$e_5 = -L\frac{di_5}{dt} = -3.10^{-3} V$

Représentation de la fonction $e = f(t)$ **:**



Corrigé de l'exercice 4

1.1. La f.e.m décroit jusqu'à ce qu'elle s'annule pour t=0,2s.

1.2. L'équation différentielle : La loi d'additivité des tensions permet d'écrire $u_G=u_b$ avec $u_G=E$ et $u_b=ri-e$ avec $e=-L\frac{di}{dt}$ d'où l'équation différentielle

$$\frac{di}{dt}+\frac{r}{L}i=\frac{E}{L}$$

1.3. Lorsque l'intensité i est nulle e= E=20V. Déduction de l'inductance L :

$$L=\frac{E}{\left(\frac{di}{dt}\right)_{t=0}}=\frac{20}{40}=0,5H$$

2.1. La f.e.m en régime permanent est e =0.

Déduction de r : E=ri⇒ $r=\frac{E}{i}=\frac{20}{2}=10\Omega$

2.2. Calcul de B

$$B=\mu_0\frac{N}{l}I \text{ or } L=\frac{\mu_0 N^2 S}{l}=\frac{\mu_0 N}{l}.NS$$

$$\Rightarrow \frac{\mu_0 N}{l}=\frac{L}{NS} \text{ soit } B=\frac{L}{NS}I=3,14T$$

2.3.1. La valeur du flux dans S'

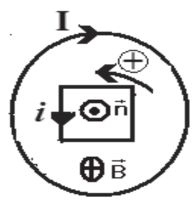
$\Phi=N'BS'\cos\theta$ **avec** $\theta=(\vec{n},\vec{B})$ **comme** $\theta=0$, **on a** $\Phi=N'S'B$

$$\Phi=8.10^2x2.10^{-4}x3,14=0,5Wb$$

2.3.2. Calcul de la f.e.m moyenne :

A t=0 I_1=2A ; Φ_1=0,5Wb et à t_2=0,2s ; Φ_2=0

$$e_m=-\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}=\frac{\Phi_1}{\Delta t}=\frac{0,5}{0,2}=2,5V$$



Voir sur le schéma ci-contre les sens de I, de $\vec{B}$ et de i

2.3.3. Expression du flux

$$\Phi=N'BS'\cos\theta \text{ avec } \theta=\omega t\Rightarrow\Phi=N'BS'\cos\omega t$$ **La f.e.m est**

$$e=-\frac{d\Phi}{dt}=-\omega N'BS'\sin\omega t=-e_m\sin\omega t$$

$$d'où\ e_m=\omega N'BS'=10x8.10^2x3,14x2.10^{-4}$$
$$=5,024V$$

Corrigé de l'exercice 5

1. Les spires sont jointives si et seulement si l =Nd avec d le diamètre du fil. La relation précédente étant vérifiée les spires sont jointives.

2. La longueur L du fil conducteur :L=NC où C est la circonférence du cylindre soit $C = d_C x \pi$ soit $L=N.d_C.\ \pi$ A.N : L=125,6m

3. Calcul de l'inductance L : $\Phi=Li$ et $\Phi=NSB$ avec $B=\mu_0 \frac{N}{l} i$ par identification

on obtient $L = \frac{N^2 \mu_0 S}{l}$ A.N : $L=2,7.10^{-3}$ H

4. La tension U_1 au bornes de la bobine : $U_1=Ri - e$ avec $e=- L \frac{di}{dt} = 0$

soit $U_1=Ri$ A.N : $U_1=40V$.

Caractéristiques du champ $\vec{B}$:

- **Origine : milieu du solénoïde**
- **Direction : l'axe du solénoïde**
- **Sens : donné par la règle de la main droite $\vec{SN}$**
- **Intensité : $B = \mu_0 nI = \mu_0 \frac{N}{l} I$ A.N : $B=4,2.10^{-3}T$**

5.1. Les intervalles où le flux varie sont les intervalles où l'intensité varie c'est-à-dire $[2.10^{-2} ; 4.10^{-2}]$ et $[6.10^{-2} ; 8.10^{-2}]$.

5.2. Calcul de la f.e.m d'auto-induction

$$e= - \frac{d\Phi}{dt} = - L \frac{di}{dt} \text{ soit}$$

Sur $[2.10^{-2} ; 4.10^{-2}]$ e=0,08V

Sur $[6.10^{-2} ; 8.10^{-2}]$ e =-0,08V

5.3. L'expression de la tension aux bornes de la bobine sur ces intervalles :

Sur $[2.10^{-2} ; 4.10^{-2}]$ U=ri-e avec i = -30t +0,9

Sur $[6.10^{-2} ; 8.10^{-2}]$ U=ri-e avec i = 30t - 2,1

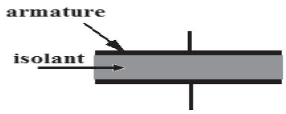
Le condensateur

1. Définition :

On appelle condensateur l'ensemble de deux surfaces conductrices ou armatures, séparées par un isolant ayant une permittivité (ou constante diélectrique) donnée

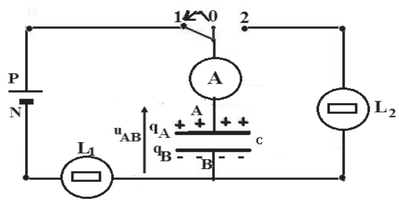
L'isolant est souvent appelé diélectrique.

Symbole d'un condensateur :



2 .Charge et décharge d'un condensateur

Le générateur de courant délivre une tension constante U.



Si on bascule l'interrupteur sur la position (1) un courant dont l'intensité décroit rapidement apparait. La lampe L_1 s'allume et le condensateur se charge.

Durant la charge, l'armature A se charge positivement. L'armature B se charge négativement.

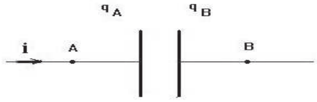
Par définition : La quantité $q_A = - q_B$ représente la charge du condensateur

Une tension u_{AB} apparaît entre les plaques A et B lorsque le condensateur se charge.

Lorsque le condensateur est chargé, la valeur de l'intensité s'annule et la tension u_{AB} prend sa valeur maximale.

Quand on bascule l'interrupteur sur la position 2 un courant dont l'intensité décroit rapidement circule dans le sens opposé.

La lampe L_2 s'allume un court instant.



Conclusion : Un condensateur relié à un générateur se charge. Une fois chargé le condensateur se comporte comme un générateur et se décharge

Le courant circule dans le sens arbitraire choisi :

Si le sens positif du courant est entrant par l'armature A, on écrit que $i=\dfrac{dq_A}{dt}$

3. Capacité d'un condensateur

Le rapport entre la charge q et la tension u_{AB} reste constant. Cette constante dépend uniquement du condensateur ; on l'appelle capacité C du condensateur. Elle est déterminé par : $C=\frac{q}{U_{AB}}$

Par sa construction mécanique, la capacité d'un condensateur est déterminer par : $C=\varepsilon\frac{S}{e}$ où $\begin{cases} S : \text{surface des armatures} \\ e : \text{épaisseur du diélectrique(distance entre les armatures)} \\ \varepsilon : \text{nature du diélectrique (permitivité absolue)} \end{cases}$

4. Expression de l'énergie

Lors de la décharge, il y a dissipation d'énergie par effet Joule dans le circuit. Cette énergie provient du condensateur, dans laquelle elle est emmagasinée. Un condensateur de capacité C chargé sous la tension U emmagasine l'énergie électrique : $E=\frac{Q^2}{2C}==\frac{CU^2}{2}=\frac{QU}{2}$

- **q : charge du condensateur**
- **$E_{élec}$: énergie en joule J**
- **C : capacité en farad F**
- **U : tension aux bornes du condensateur en volt V.**

5. Association des condensateurs :

➢ En série :

La capacité équivalente à plusieurs condensateurs en série est l'inverse de la somme des valeurs des capacités des condensateurs pris séparément.

$$C_{éq}=\sum_{i=1}^{n}\frac{1}{Ci}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+........+\frac{1}{C_n}$$

➢ En parallèle :

La capacité équivalente à plusieurs condensateurs en parallèles est la somme des capacités des condensateurs pris indépendamment.

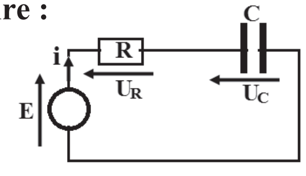
$$C_{éq}=\sum_{i=1}^{n}Ci=C_1+C_2+........+C_n$$

Circuit RC

1. La charge

Dans le circuit de la figure la loi des mailles permet d'écrire :

$Ri+u_C=E$ Comme $i=dq/dt$ et $q=Cu_C$



la relation précédente devient : $RC\frac{du_C}{dt}+u_C=E \Leftrightarrow \frac{du_C}{dt}+\frac{1}{RC}u_C=\frac{E}{RC}$

C'est une équation différentielle dont la solution est de la forme

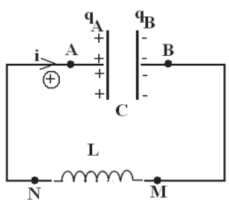
$u_C=E(1-e^{-\frac{t}{RC}})=E(1-e^{-\frac{t}{\tau}})$ avec τ=RC τ est appelé la constante du temps

2. La décharge

En enlevant le générateur en fermant le circuit le condensateur chargé de tension U_C se décharge dans la résistance R et l'équation différentielle précédente dévient $\frac{du_C}{dt}+\frac{1}{RC}u_C=O$ sa solution est $u_C=E.e^{-\frac{t}{\tau}}$ avec τ=RC

Circuit LC

Réunir les deux armatures A est B d'un condensateur chargé aux bornes N et M d'une bobine purement inductive. Le courant i traverse la bobine de M vers N.



A chaque instant nous avons : $u_{AB}=u_{NM}$

$L\frac{di}{dt} = \frac{q}{C}$ or $i=\frac{dq}{dt}=q'$ et $\frac{di}{dt}=q''$

il vient alors $Lq''+\frac{1}{C}q=0 \Leftrightarrow q''+\frac{1}{LC}q=0$

Cette expression est cella d'une équation différentielle qui admet comme solution $q=Q_m\cos(\omega_0 t+\varphi)$

Q_m charge maximale et φ phase initiale.

Q_m et φ sont déterminées à l'aide des conditions initiales avec $\omega_0=\frac{1}{\sqrt{LC}} \Leftrightarrow LC\omega_0^2=1$

ω_0 : est la pulsation propre de l'oscillateur, le circuit est le siège d'oscillations électriques libres non amorties de période propre : $T_0=\frac{2\pi}{\omega_0}=2\pi\sqrt{LC}$

Il y a charges et décharges successives du condensateur.

Il y'a un changement périodique du signe des charges portées par les armatures du condensateur. Le courant qui apparaît est alternatif de période T_0.

ω, T_0, N_0 sont appelés respectivement pulsation propre, période propre et fréquence propre du circuit oscillant.

Remarque : L'intensité du courant est alors donnée par la relation :

$i=dq/dt=-\omega_0 Q_m\sin(\omega_0 t+\varphi)$ soit $i=I_m\cos(\omega_0 t+\varphi+\frac{\pi}{2})$ avec: $I_m=Q_m\omega_0$

I_m est l'intensité maximale du courant ou amplitude de l'intensité.

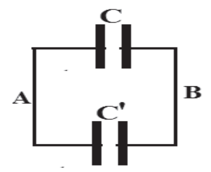
Exercice 1

1. Un condensateur de capacité C=2µF est chargé sous une tensionU_0 = 1000V puis isolé. Calculer :

1.1. La charge Q_0 du condensateur .

1.2. L'énergie emmagasinée par le condensateur.

2. On branche alors ce condensateur chargé aux bornes d'un deuxième condensateur de capacité C'=0,5 µF initialement déchargé (voir fig). Calculer :



2.1. La tension U aux bornes des condensateurs associés à l'équilibre.

2.2. La charge Q et Q' de chaque condensateur à l'équilibre.

Exercice 2

Un condensateur de capacité C =100µF est initialement chargé sous une tension constante U_0= 100V, puis associé à une bobine d'inductance L = 1H et de résistance nulle.

1. Donner :

Les valeurs de la charge initiale et de l'énergie fournie par l'opérateur.

La période propre des oscillations électriques et leur fréquence propre N_0.

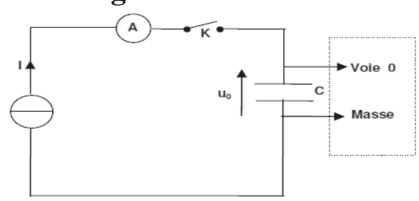
L'équation q =f(t)

L'équation i(t)

2. Calculer les énergies emmagasinées dans le condensateur et dans la bobine .Que devient l'énergie initiale fournie au départ par l'opérateur ?

Exercice 3

A. On désire déterminer la capacité C_0 d'un condensateur. Pour cela, on réalise sa charge avec un générateur idéal de courant : ce générateur débite un courant d'intensité I = 5,0 x 10^{-1} mA. Le montage utilisé est schématisé ci contre.

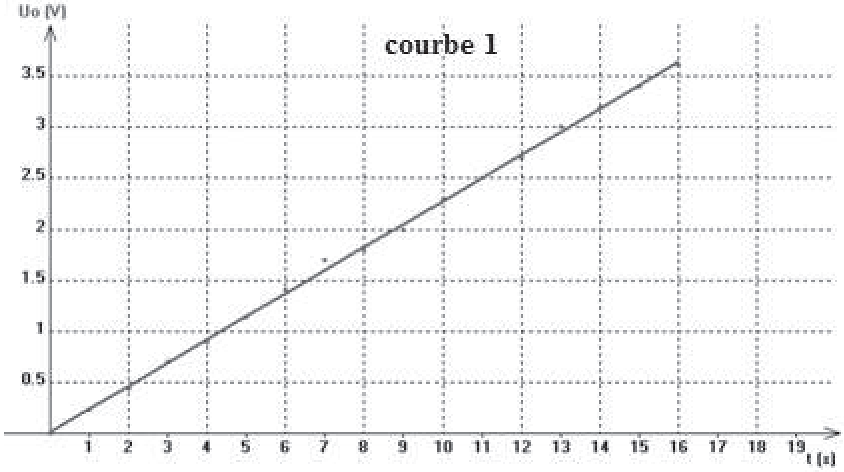


1. Donner la définition d'un générateur idéal de courant.

2. Exprimer I en fonction de C_0, u_0 et t (on notera q la charge du condensateur à une date t).

3. A la date t = 0, on ferme l'interrupteur K et on détermine les valeurs de la tension u_0 en fonction du temps.

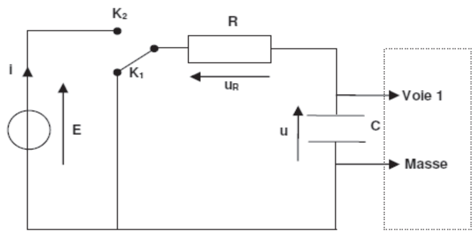
Les données permettent de tracer la courbe n°1 de la tension $u_0(t)$ en fonction de t



2.1. Donner l'équation littérale de la droite obtenue.

2.2. En déduire, graphiquement, la valeur de la capacité C_0 du condensateur.

B. On étudie maintenant la charge d'un condensateur de capacité C au travers d'un conducteur ohmique de résistance R. On utilise pour cela un générateur idéal de tension de force électromotrice E. Le montage utilisé est schématisé ci-contre.

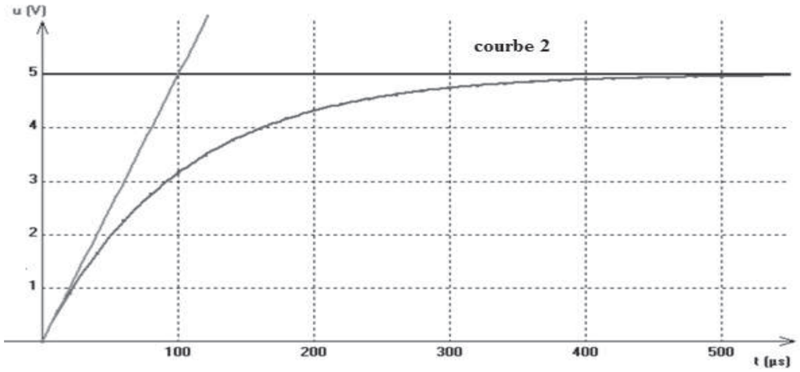


A la date t = 0, on bascule l'interrupteur de la position K_1 à la position K_2.

1. Donner la définition d'un générateur idéal de tension.

2. Par une analyse dimensionnelle, montrer que le produit R.C est homogène à un temps.

3. Les données permettent de tracer la courbe n°2 de la tension u(t) en fonction de t.



3.1. Déduire de cette courbe la constante de temps τ du dipôle.

3.2. Calculer la résistance R du conducteur ohmique sachant que C = 1,0 µF.

4. Etablir l'équation différentielle à laquelle satisfait la tension u.

5.1. Déterminer la valeur de la force électromotrice E du générateur.

5.2. Déterminer la valeur de l'intensité i du courant dans le circuit pour t = 0.

5.3. Déterminer la valeur de l'intensité i du courant dans le circuit pour $t > 5\tau$.

5.4. Avec u en V et t en s, montrer que : $du/dt = 1 \times 10^4 \times (5{,}0 - u)$.

Exercice 4

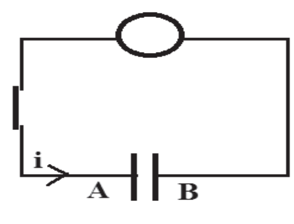
L'énergie d'un condensateur chargé est égale à $1{,}0.10^{-5}$J. La tension à ses bornes est égale à 50V.
1. quelle est sa capacité ?
2. quelle est sa charge ?

Exercice 5

Un condensateur de capacité C= 1,5µF est chargé à l'aide d'un générateur de courant d'intensité constant I_0 = 20mA
A l'instant t=0 le condensateur est complètement déchargé.
1. Donner l'expression de la charge q de l'armature reliée au point A en fonction I_0 et t.
2. Au bout d'une durée de charge d'une minute, que vaut.
2.1. La charge Q_A portée par l'armature A ?
2.2. La charge Q_B portée l'armature B ?
2.3. La tension du condensateur ?
2.4. L'énergie E emmagasinée par la condensateur ?
3. au bout de combien de temps l'énergie E' emmagasinée par le condensateur vaudra-t-elle 2E ?
4. la tension du condensateur ne doit pas dépasser 40V.
Déterminer la durée maximale de charge.

Exercice 6

Un condensateur de capacité C est chargé par un générateur de courant. L'intensité I du courant est constante et égale à 0.14mA.



1. A l'instant origine, la tension U_{AB} aux bornes du condensateur est nulle et la charge commence.
On suit l'évolution de la tension U_{AB} au cours du temps.

Après une durée de charge T égale à 10s, la tension aux bornes du condensateur est égale à 0,64v.

Tracer la courbe représentant les variations de U_{AB} en fonction du temps.

2. Calculer la capacité du condensateur.

Exercice 7

Un condensateur plan à air est constitué par deux armatures de rayon r=2.0 cm et distantes de d = 2,0mm. Ce condensateur (noté 1), est chargé sous une tension U_1=10V.

Un second condensateur identique (noté 2), est chargé sous une tension U_2= 20V.

1. Calculer la charge de chaque condensateur et son énergie.

2. Les deux condensateurs étant isolés, on relie entre elles les armatures portant des charges de même signe.

2.1. Déterminer la somme des charges des deux condensateurs dans ces conditions.

2.2. En déduire la charge prise par chaque condensateur.

2.3. Déterminer la tension entre leurs armatures.

2.4. Déterminer l'énergie de l'association.

Exercice 8

1. La tension aux bornes d'un condensateur de capacité C=0,1 µF est U_0=10 V. Quelle est la charge q_0 d'une armature ?

2. A l'instant t=0 ce condensateur est branché aux bornes d'une bobine de résistance négligeable et d'inductance L = 1 H. L'intensité du courant est nulle à cet instant.

2.1. Faire le schéma du montage et établir l'équation différentielle à laquelle obéit la charge du condensateur sachant que :(q_A<0 et q_B >0).

2.2. Calculer la pulsation propre w_0 ainsi que la période propre T_0.

2.3. Montrer par une étude dimensionnelle que la période a la dimension d'un temps.

2.4. En utilisant les conditions initiales donner l'expression de la charge q(t) du condensateur en fonction de t, w_0, C et U_0 ainsi que l'expression de l'intensité i(t) du courant.

2.5. En déduire l'expression de la tension u_{AB}(t) aux bornes du condensateur.

3. On visualise u_{AB}(t) sur l'écran d'un oscilloscope (0,5 ms/div et 5 V / div). Représenter la courbe observée sur l'écran de 8 cm de large.

4. Donner l'état du condensateur (charge, tension aux bornes, énergie stockée) ainsi que l'intensité du courant et l'énergie W_L de la bobine aux dates : t= 0 ; t_1 = 0,25 T_0 ; t_2 = 0,5 T_0 ; t_3 = 0,75 T_0.

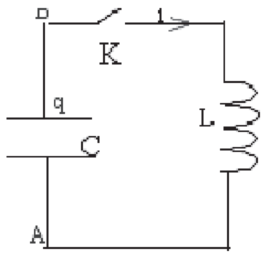
Exercice 9

La résistance de la bobine est négligeable. La tension aux bornes du condensateur vaut U_0=10 V, l'interrupteur K étant ouvert. A l'instant t=0 on ferme l'interrupteur K.

1. Nommer le phénomène obtenu.

2. Des enregistrements ont permis d'obtenir l'expression de u(t) et i(t) :

$u(t)=10\cos(2\ 10^4 t)$ en volt ; $i(t) = 20\sin(2\ 10^4 t)$ en mA.



- Ecrire la relation entre u, C et du/dt. Justifier.

- Montrer que C= 100 nF.

- Calculer la valeur de L.

- Calculer la valeur de l'énergie E du circuit.

- Comment varie E au cours du temps ?

- Calculer la période propre T_0.

3. On appelle t_1 la date à laquelle, pour la première fois après la fermeture de K, l'énergie est répartie de façon égale entre la bobine et le condensateur. Calculer $u(t_1)$ et $i(t_1)$.

Exercice 10

1. Un condensateur de capacité C=12,5 mF est chargé grâce à une batterie de fem E=12 V, de résistance interne négligeable (l'interrupteur K_1 est fermé et K_2 est ouvert).

-Calculer la quantité d'électricité fixée par le condensateur lorsqu'il est complètement chargé et préciser l'armature qui s'est chargée positivement.

2. Ce condensateur peut ensuite se décharger dans une bobine d'inductance L= 0,8 H supposée d'abord de résistance nulle. Pour cela à la date t=0 on ouvre K_1 et on ferme K_2.

- Quelle est à la date t=0 la valeur U_0 de la tension u_{AB} et l'intensité i_0 du courant dans le circuit LC ?

- A l'instant t la tension aux bornes du condensateur vaut $u_C = u_{AB}$. Comment varie u_C en fonction du temps ?

- Calculer la pulsation propre w_0 et la fréquence propre du circuit LC et donner l'expression de u_C en fonction de t, w_0 et de U_0.

- On visualise u_C sur l'écran d'un oscilloscope dont le balayage horizontal du spot correspond à $5\ 10^{-3}$ s par cm et dont la sensibilité verticale est 6V par cm. Représenter la courbe u_C que l'on observera sur l'écran de largeur 8 cm.

Corrigé de l'exercice 1

1. 1. - $Q_0 = CU_0$ AN : $Q_0 = 2.10^{-3}C$

1.2. - $E_{elec} = ½\ Q_0U_0$ AN : $E_{elec} = 1J$

2 .1. - pour le condensateur de capacité C: Q =CU

Pour le condensateur de capacité C' : Q' =C'U

La charge initiale Q_0 se repartit entre les condensateurs :

$$Q_0 = Q + Q'$$

$$CU_0 = CU + C'U$$

$$U = \frac{CU_0}{C + C'} AN : U = 800V$$

b- Q = CU AN : Q = $1,6.10^{-3}C$

Q' = C'U AN :Q' = $0,4.10^{-3}C$

Corrigé de l'exercice 2

1.1.- $Q_0 = CU_0 ; AN : Q_0 = 10^{-2}C$

L'énergie initiale fournie est : $E_0 = \frac{Q_0^2}{2C} = \frac{Q_0U_0}{2} ; AN : E_0 = 0,5J$

1.2.- Puisqu'il n'y a pas d'amortissement la décharge est oscillante de période propre : $T_0 = 2\pi\sqrt{LC} ; T_0 = 6,28.10^{-2}s$. La fréquence propre vaut:

$$N_0 = \frac{1}{T_0} ; AN : N_0 = 15,9Hz$$

1.3.

$$q = Q_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

$$\text{àt} = 0 \begin{cases} q = Q_0 \\ i = \frac{dq}{dt} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} Q_0 = Q_m \cos\varphi \\ 0 = -Q_m\omega_0 \sin\varphi \end{cases}$$

$$\text{donc} : Q_m = Q_0 \text{et} \varphi = 0$$

$$\text{d'où} q = Q_0 \cos\omega t = 10^{-2} \cos 100t$$

1.4.

$$i = \frac{dq}{dt} = -Q_0\omega_0 \sin\omega_0 t$$

$$i = -\sin 100t$$

2. - L'énergie emmagasinée à chaque instant dans le condensateur est :

$$E_{elec} = \frac{q^2}{2C} = \frac{Q_0^2}{2C} \cos^2 \omega_0 t$$

L'énergie dans la bobine est : $E_{magn} = \frac{Li^2}{2} = \frac{L}{2}Q_0^2\omega_0^2 \sin^2 \omega_0 t$

L'énergie totale dans le circuit vaut :

$$E = E_{elec} + E_{magn} = \frac{Q_0^2}{2C}\cos^2 \omega_0 t + \frac{L}{2}Q_0^2\omega_0^2 \sin^2 \omega_0 t$$

$$\text{or}\omega_0^2 = \frac{1}{LC} \text{donc} : E = \frac{Q_0^2}{2C}(\cos^2 \omega_0 t + \sin^2 \omega_0 t)$$

$$E = \frac{Q_0^2}{2C} = E_0$$

L'énergie totale d'un circuit oscillant non amorti, à chaque instant reste constante et égale à celle fournie par l'opérateur lors de l'excitation.

Corrigé de l'exercice 3

A.

1. Un générateur idéal de courant débite un courant d'intensité constante quelque soit la tension entre ses bornes.

2. Exprimez I en fonction de C0, u0 et t (on notera q la charge du condensateur à une date t).

$q = I.t$ et $q = C_0.u_0 \Rightarrow I.t = C_0.u_0 \Rightarrow I = C_0 .u_0 /t$

3. 1. L'équation littérale de la droite obtenue.

$I = C_0 u_0 ./ t \Rightarrow u_0 = It /C_0$.

3.2. Déduction, graphiquement, la valeur de la capacité C_0 du condensateur.

Le rapport I/C_0 est égal au coefficient directeur de la droite obtenue.

Sur la courbe 1, on considère les points : A (1,0 s ; 0,25 V) et B (11 s ; 2,5 V).

I/C_0= 2, 5-0, 25/11 -1, 0= 2,3 x 10^{-1} V.s^{-1} => C_0 = 415, 0 102, 3 10−−××= 2,2 x 10^{-3} F

B.

1. la définition d'un générateur idéal de tension

Un générateur idéal de tension délivre une tension constante entre ses bornes, quelque soit l'intensité du courant débité.

2. Par une analyse dimensionnelle, montrons que le produit R.C est homogène à un temps.

Aux bornes du conducteur ohmique : uR = R.i => R =u R/i. Donc : [R] = [uR].$[i]^{-1}$

Aux bornes du condensateur : u = q/C=> C =q/u. Donc : [C] = [q].$[u]^{-1}$

On en déduit : [R].[C] = [q].$[i]^{-1}$

Dans ce circuit : i =dq/dt. Donc : [t] = [q].$[i]^{-1}$ = [R].[C] = T

3. 1. Déduisons de cette courbe la constante de temps τ du dipôle.
La constante de temps τ du dipôle est égale à l'abscisse du point d'intersection de la tangente à la courbe et de l'asymptote.
Sur la courbe 2, on lit : $\tau = 100 \times 10^{-6} = 1{,}00 \times 10^{-4}$ s
3.2. Calcul de la résistance R du conducteur ohmique sachant que C = 1,0 µF.
Pour un dipôle RC, $\tau = R.C \Rightarrow R = \tau / C$ soit : R = 100 Ω
4. Etablissement de l'équation différentielle à laquelle satisfait la tension u.
Loi d'additivité des tensions : E = uR + u
D'une part : uR = R.i
D'autre part : i = dq/dt et q = C.u => i = C.du/dt
Donc : u_R = R.C. du/dt => R.C.du/dt + u = E
5. 1. Détermination de la valeur de la force électromotrice E du générateur.

A la fin de la charge, la tension u aux bornes du condensateur devient égale à la tension E aux bornes du générateur. Sur la courbe 2, on lit : E = 5,0 V

5.2. Détermination de la valeur de l'intensité i du courant dans le circuit pour t = 0.

A t = 0 : u = 0 => E = u_R = R.i => i = E/R soit : i =$5{,}0 \times 10^{-2}$ A

5.3. Détermination de la valeur de l'intensité i du courant dans le circuit

Pour t > $5{,}00 \times 10^{-4}$ s: u $\rightarrow$ E

Or : u_R = R.i = E – u => $u_R \rightarrow 0$ et i $\rightarrow$ 0

5.4. Avec u en V et t en s, montrez que : du/dt= 1,0 x 104 x (5,0 – u)

R.C.du/dt + u = E => du/dt + 1/R.C.u = E/R.C => du/dt= 1/R.C.(E – u)

Soit : => du/dt= 1.10^4 x (5,0 – u)

Circuit R L C

1. Définitions et représentation algébrique de la tension et du courant alternatifs sinusoïdaux

- Représentation algébrique.

- les grandeurs variables dans le temps se notent en minuscule alors que les valeurs continues se notent en majuscules.

Un courant (ou une tension) alternatif sinusoïdal (e) est une fonction sinusoïdale (ou harmonique) du temps elle peut s'écrire sous la forme :

$x = A\cos(\omega t + \varphi)$

- Valeurs efficaces :

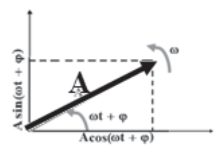
L'intensité efficace d'un courant alternatif est égale à l'intensité du courant continu qui produirait le même effet Joule dans la même portion de circuit résistif. **D'où**

$$RI^2T = R\int_0^T I_m^2 \cos^2 \omega t dt = \frac{RI_m^2}{2}\int_0^T (1-\cos\omega t)dt = \frac{RI_m^2 T}{2}$$

Pour un courant alternatif sinusoïdal de valeur maximale I_m, la valeur efficace vaut alors : $I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$

Cette définition s'étend à toutes les grandeurs sinusoïdales rencontrées en régime sinusoïdal forcé. Par exemple pour la tension

$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$



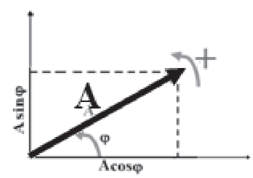
2 .Etude théorique :

2.1. Représentation graphique:

Diagramme de Fresnel d'une grandeur sinusoïdale.

2.1.1 .Vecteur tournant $A\cos(\omega t + \varphi)$:

À toute fonction sinusoïdale du temps $x = A\cos(\omega t + \varphi)$, on peut associer un vecteur de valeur A tournant autour de son origine à la vitesse angulaire ω.



2.1.2 .Vecteur de Fresnel :

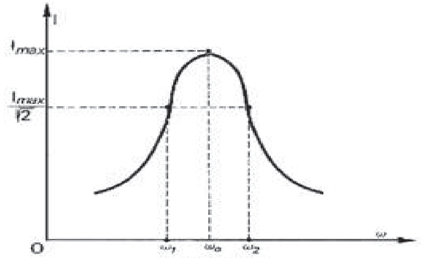
Toutes les grandeurs d'un circuit en régime sinusoïdal forcé ont la même pulsation ; le vecteur de Fresnel ne reprend que les principales, l'amplitude A et la phase à l'origine φ (compté positivement dans le sens trigonométrique).

4. Résonance :

Si la fréquence imposée est égale à la fréquence propre du dipôle, on observe un phénomène de résonance d'intensité.

L'intensité est alors maximale $I_m = I_0 = U/R$ et $i(t)$ et $u(t)$ sont en phase. L'impédance Z est alors minimale et égale à la résistance totale du dipôle $Z_0 = R$

- **La relation $LC\omega_0^2 = 1$ est alors vérifiée soit $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$**
- **La résonance peut être floue ou aigue selon la valeur de R**
- **La bande passante est la bande de fréquence pour laquelle $I \geq \frac{I_0}{\sqrt{2}}$**



Bande passante

- **La largeur de cette bande est** $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 = \frac{R}{L} = \frac{R\omega_0}{L\omega_0} = \frac{\omega_0}{Q}$
- **Le facteur de qualité Q est défini par $Q = U_C/U$. soit** $Q = \frac{L\omega_0}{R} = \frac{1}{RC\omega_0} = \frac{N_0}{\Delta N} = \frac{\omega_0}{\Delta\omega}$

5. Puissance électrique :

- **La puissance instantanée :**

En régime continu (U et I constants) ; la puissance vaut P=UI.
Dans le cas du régime sinusoïdal forcé, la puissance moyenne consommée sur une période par un dipôle vaut : $P = \frac{1}{T}\int_0^T u(t).i(t)dt = UI\cos\varphi$

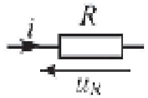
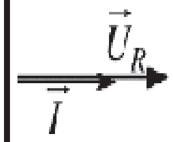
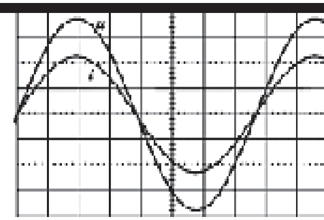
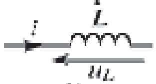
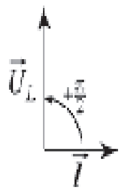
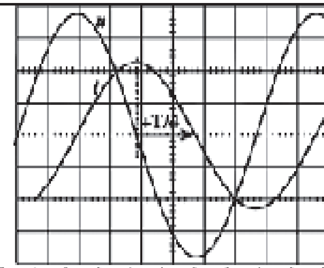
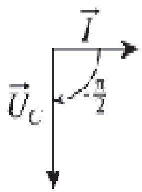
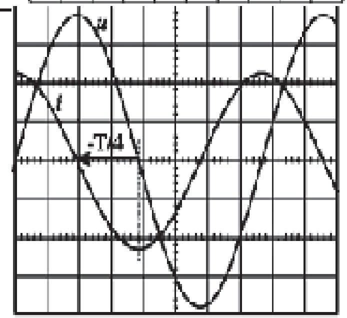
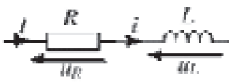
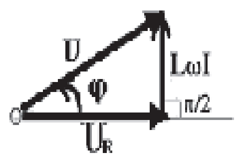
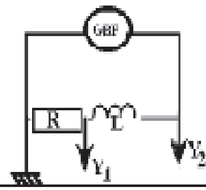
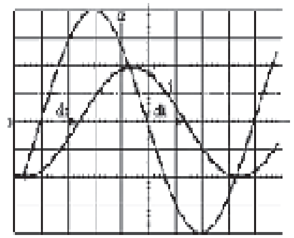
Remarque : En régime sinusoïdal, on définit :

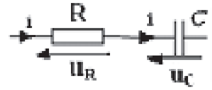
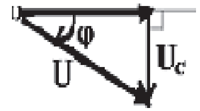
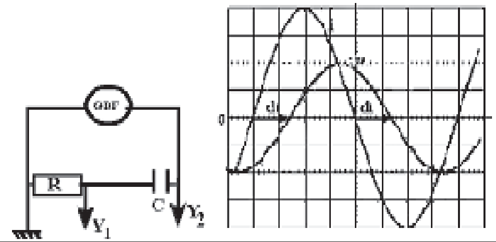
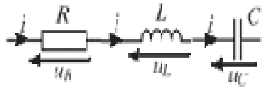
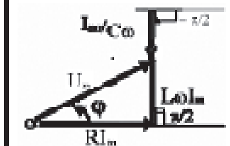
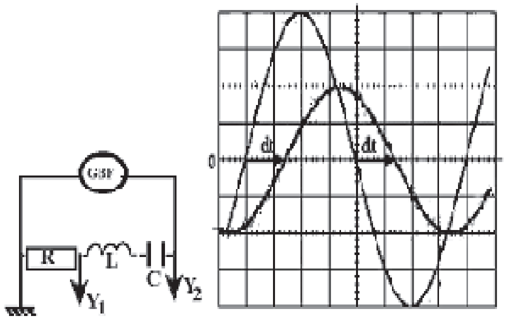
- ***La puissance apparente $P_a = UI$ (elle se mesure grâce aux indications des voltmètres et ampèremètres).***
- ***La puissance réactive $P_r = UI\sin\varphi$.***
- ***La puissance active $P = U.I.\cos\varphi$ (c'est celle qui est réellement consommée par le dipôle).***

Comme $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$ **la puissance devient** $P = UI\frac{R}{Z} = ZI.I\frac{R}{Z} = RI^2$.

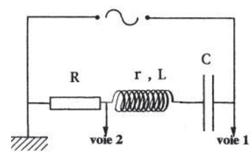
Dans un circuit R, L, C la puissance moyenne apparait sous forme thermique (dans la résistance).

- **facteur de puissance : Le rapport** $\frac{P_a}{P} = \cos\varphi$ **est appelé facteur de puissance.**

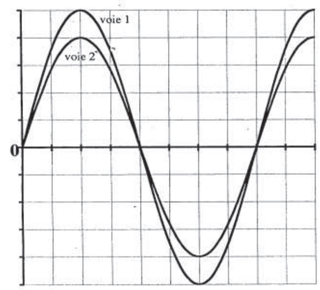
Dipôle	Impédance $Z(\Omega)$ $Z=\frac{U}{I}=\frac{U_m}{I_m}$	Réactance $X(\Omega)$	Déphasage φ donné par la tangente	Chronogrammes
Resistance pure R  $u_R = Ri = U_m \cos\omega t$	$Z=R$	$X=0$	 $\varphi = 0$	
Inductance pure L  $u_L = L\frac{di}{dt} = -L\omega I_m \sin\omega t$ $= L\omega I_m \cos(\omega t+\frac{\pi}{2}) = U_m \cos(\omega t+\varphi)$	$Z=L\omega$	$X=L\omega$	 $\varphi=\frac{\pi}{2}$	
Condensateur de capacité C  $u_C(t)=\frac{1}{C}\int i\,dt$ $u_C(t)=\frac{q}{C}=\frac{1}{C}\int I_m\cos(\omega t)dt$ $=\frac{I_m}{C\omega}\sin\omega t=\frac{I_m}{C\omega}\cos(\omega t-\frac{\pi}{2})=U_m\cos(\omega t+\varphi)$	$Z=\frac{1}{C\omega}$	$X=-\frac{1}{C\omega}$	 $\varphi=-\frac{\pi}{2}$	
Circuit R et L en série  $u = Ri + L\frac{di}{dt} = U_m \cos(\omega t+\varphi)$	$Z=\sqrt{R^2+(L\omega)^2}$	$X=L\omega$; $X>0$	 $\varphi>0$ $\tan\varphi=\frac{L\omega}{R}$	 

Circuit R et C en série  $u = Ri + \frac{1}{C}\int i\,dt = U_m \cos(\omega t + \varphi)$	$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{(C\omega)^2}}$	$X = -\frac{1}{C\omega}$ $X < 0$	 $\varphi < 0$ $\tan\varphi = -\frac{1}{RC\omega}$	
Circuit R, L et C en série  $u = Ri + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int i\,dt$ $u(t) = RI_m \cos\omega t + L\omega I_m \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) + \frac{I_m}{C\omega}\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$ $= U_m \cos(\omega t + \varphi)$	$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$	$L\omega - \frac{1}{C\omega}$; $X > 0$ si $L\omega > \frac{1}{C\omega}$ $X < 0$ si $L\omega < \frac{1}{C\omega}$	 $\tan\varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$ • si $\varphi > 0$ le circuit est inductif $\Leftrightarrow L\omega > \frac{1}{C\omega}$ alors u(t) en avance sur i(t) • si $\varphi < 0$ le circuit est capacitif $\Leftrightarrow \frac{1}{C\omega} > L\omega$ alors i(t) en avance sur u(t)	

Exercice 1



Un générateur délivre une tension alternative sinusoïdale de fréquence N et de valeur instantanée *u*.
Le générateur forme un circuit simple avec un conducteur ohmique de résistance $R = 100\Omega$, une bobine de résistance interne r et d'inductance L et un condensateur de capacité $C = 4\ \mu F$.
Les deux voies d'un oscillographe sont reliées au circuit selon le branchement de la figure ci-contre. Les oscillogrammes obtenus se trouvent sur la fig 2.
Les voies 1 et 2 sont réglées sur 10 V/division ; la base de temps est réglée sur 1ms / division.



1. Que représentent les oscillogrammes observés sur l'écran de l'oscillographe ?
2. Déterminer la période et la fréquence de la tension alternative étudiée.
3. Déterminer la tension maximale aux bornes du générateur et donner l'expression de la tension instantanée u en fonction de la date t. On utilisera les axes indiqués sur le schéma.
4. Déterminer l'intensité maximale dans le circuit et exprimer l'intensité instantanée i en fonction de la date t.
5. Quelle est l'avance algébrique de u sur i ? A quel phénomène cela correspond-il ?
6. Calculer : - la résistance interne de la bobine et son inductance?
7. Si on utilisait à la place de l'oscillographe un ampèremètre en série dans le circuit et un voltmètre en dérivation aux bornes du générateur, quelles valeurs indiqueraient ces deux appareils ?

Exercice 2

On considère trois dipôles D_1, D_2 et D_3 de nature inconnue ; un de ces trois dipôles est une résistance morte R, l'autre un condensateur de capacité C et le troisième une bobine d'inductance L et de résistance interne r.
Dans une première expérience, on maintient aux bornes de chacun de ces dipôles une tension continue U = 18V et on mesure les intensités I du courant qui les traverse.
Dans une deuxième expérience : on maintient aux bornes de chacun de ces dipôles une tension sinusoïdale de valeur efficace $U_{eff} = 24V$ et de fréquence N = 50Hz et on mesure les intensités efficaces I_{eff} du courant. Les résultats des deux expériences sont regroupés dans le tableau ci-dessus :

dipôle	I(A)	I_{eff}
D_1	7,2	6,4
D_2	3,75	5
D_3	0	10^{-2}

1. Calculer pour chaque dipôle les rapports U/I et U_{eff}/I_{eff}.
Montrer que l'analyse de ces résultats permet de déterminer la nature de chaque dipôle.
2. Calculer pour chaque cas les caractéristiques de chaque dipôle.

3. On considère le cas où la tension est sinusoïdale, déterminer pour chaque dipôle le déphasage φ entre u(t) et i(t).
4. On branche les trois dipôles en série et on applique aux bornes du dipôle obtenu une tension sinusoïdale de fréquence variable et de valeur efficace U_{eff} = 24V.
4.1. Faire un schéma du circuit sur lequel vous précisez le branchement d'un oscillographe qui permet de visualiser u(t) et qualitativement i(t).
4.2. Pour une valeur déterminée de la fréquence f_0 on constate que la tension u(t) et i(t) sont en phase. Qu'appelle-t-on ce phénomène ? Calculer la valeur de la fréquence f_0 et celle de l'intensité efficace I_0 correspondante.
4.3. Calculer le facteur de qualité du circuit et en déduire la largeur de la bande passante.

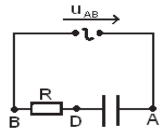
Exercice 3

Une bobine sans noyau de fer est formée de 2000 spires de 6cm de diamètre, réparties uniformément sur une longueur de 40 cm. Cette bobine est placée en série avec un condensateur de capacité réglable (boite de condensateur) une résistance R =60Ω et un milliampèremètre de résistance négligeable. L'ensemble est branché aux bornes d'une prise de courant alternatif sinusoïdal de fréquence 50Hz, de tension efficace 120V. L'intensité efficace passe par un maximum 1,5A pour C=318μF. On demande :

1.1 La valeur théorique de l'inductance de la bobine. On donne :$\mu_0=4\pi.10^{-7}$S.I.
1.2 La valeur de cette inductance déduite des résultats de l'expérience, expliquer le sens de la différence entre les deux valeurs trouvées.
1.3 La valeur de la résistance R' de la bobine.
2. On considère maintenant une bobine dont on ne connait ni la résistance R ni l'inductance L.
On se propose de déterminer ces deux grandeurs. Pour cela on réalise le montage suivant : entre deux bornes A et B d'une prise de courant alternatif sinusoïdal, on branche en série, dans l'ordre une résistance connue r = 25 Ω et la bobine à étudier. On appelle C le point de connexion de la résistance à la bobine.
On dispose alors de trois voltmètres : V entre les bornes A et B ; V_1 entre A et C et V_2 entre C et B. Ils indiquent respectivement les valeurs efficaces : U=110V, U_1=45,5V et U_2=80V des trois tensions : $u=V_A - V_B$; $u_1=V_A - V_C$ et $u_2=V_C - V_B$ On appelle *i* la valeur instantanée de l'intensité du courant de fréquence f =50Hz.
2.1 Faire le schéma du montage.
2.2 Construire le diagramme de Fresnel relatif à cette expérience représentant les trois tensions u_1, u_2 et u.
2.3 Calculer l'impédance de la bobine.
2.4 Déterminer la phase de u_2 par rapport à *i*.
2.5 Calculer les valeurs des grandeurs R et L.
2 .6 Calculer la puissance moyenne consommée dans le circuit.

Exercice 4

1. Aux bornes A et B d'un circuit électrique comprenant en série un conducteur ohmique de résistance $R = 200\Omega$ et un condensateur de capacité C, on maintient une tension sinusoïdale de fréquence N (voir fig).



On utilise un oscillographe bicourbe (voie I et voie II) pour visualiser la tension u_{BD} aux bornes du conducteur ohmique et la tension u_{AB} aux bornes du dipôle RC.

Balayage horizontal :1ms/div
Sensibilités verticales :1V/div

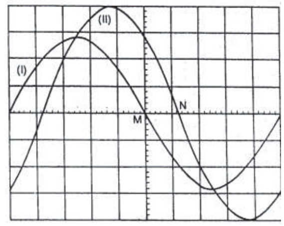


Fig2

1.1 Faire un schéma des branchements à réaliser.
1.2 On observe alors l'oscillogramme
- Quelle est de la courbe I ou de la courbe II celle qui correspond à la tension u_{BD} et celle qui correspond à la tension u_{AB} ?
- Déterminer la fréquence de la tension délivrée par le générateur et la valeur φ de la phase de u_{AB} par rapport à i. En déduire la capacité C du condensateur

2. On se propose de déterminer les caractéristiques d'un dipôle D qui comprend en série un condensateur de capacité C et une bobine de résistance r et d'inductance L.

2.1. Dans une première expérience, on place en série avec le dipôle D un résistor de résistance $R = 60\Omega$. Le circuit ainsi constitué est alimenté par une source de tension alternative sinusoïdale de fréquences f variables.
On mesure les tensions efficaces aux bornes du résistor, aux bornes du dipôle D et aux bornes du circuit. On trouve respectivement: $U_R = 6V$; $U_D = 4V$ et $U = 10V$
Montrer que dans ces conditions le circuit est le siège d'une résonance d'intensité. Déterminer alors la résistance de la bobine.

2.2. Dans une seconde expérience, on enlève le résistor et on alimente le dipôle D par la même source de tension. Pour une valeur donnée $f_0 = 100Hz$ de la fréquence f, on constate que les tensions efficaces aux bornes du condensateur, aux bornes de la bobine et aux bornes du dipôle D sont égales.
Déterminer L et C.

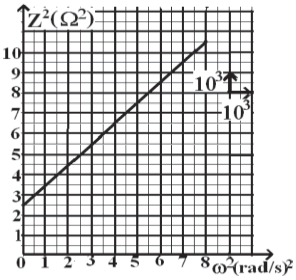
Exercice 5

Fig1

Pour déterminer les caractéristiques d'une bobine de résistance r et d'inductance L, on réalise l'expérience suivante : On relie les bornes de la bobine à un GBF délivrant une tension sinusoïdale de pulsation ω variable et de valeur efficace constante U=150V (fig1). La courbe de la figure 2 représente les variations du carré de l'impédance (Z_2) en fonction de ω^2.

1. Trouver l'expression théorique de Z^2 en fonction de ω^2.
Montrer qu'elle est conforme à la relation obtenue à partir du graphe.

2. Déduire de ce qui précède la valeur de la résistance r de la bobine ainsi que celle de son inductance L.



3. On donne à la pulsation la valeur $\omega = 50\sqrt{3}$ rad/s .

3.1. Calculer l'intensité efficace du courant qui circule dans le circuit.

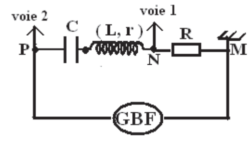
3.2. On réalise un nouveau circuit en plaçant en série avec la bobine un condensateur de capacité C. Quelle est la valeur de cette capacité C pour que l'intensité efficace du courant circulant soit maximale. Quelle est alors la valeur I_0 de cette intensité ?

3.3. Calculer alors la puissance moyenne électrique P_0 consommée dans le nouveau circuit.

4. Montrer que lorsque la puissance moyenne électrique consommée dans le nouveau circuit est la moitié de P_0, l'intensité efficace est alors $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$.

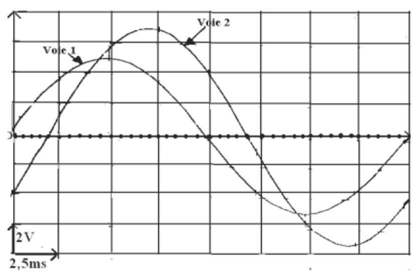
Exercice 6

1. On réalise le circuit de la figure 1. Le générateur G délivre une tension alternative sinusoïdale de fréquences N variables et de valeur maximale constante. Le circuit renferme une bobine d'inductance L et de résistance interne r, un condensateur de capacité C et un dipôle ohmique de résistance R .



Un oscillographe est branché comme indiqué sur la fig1 ; il donne l'oscillogramme (fig 2).

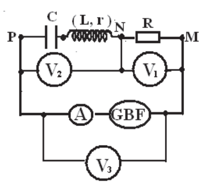
1.1. Préciser la valeur maximale de chaque tension visualisée, et calculer la fréquence N_1 du générateur.



1.2. Quelle est, des deux tensions, celle qui est en avance sur l'autre. Déterminer le déphasage φ de l'intensité par rapport à la tension d'alimentation. Donner l'expression de cos φ en fonction de R , r , I et la valeur de la tension efficace U aux bornes du générateur.

1.3. L'ampèremètre indique une intensité égale à 59mA calculer R et r .

2. On retire l'oscillographe et on branche dans le circuit, trois voltmètres V_1 , V_2 et V_3 comme l'indique la fig3: On trouve respectivement les tensions : $U_1 = 4{,}38V$, $U_2 = 0{,}57V$ et $U_3 = 4{,}95V$



Montrer que, dans ces conditions, le circuit est le siège d'une résonance d'intensité. Quelle est l'indication de l'ampèremètre A ?

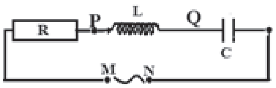
Donner l'expression de la fréquence N_2 du générateur.

3. On enlève le conducteur ohmique ; le circuit est toujours alimenté par le même générateur, pour une fréquence $N=N_3=55,7$ Hz on constate que les tensions efficaces aux bornes du condensateur, aux bornes de la bobine et aux bornes de l'ensemble du circuit sont égales.

Faire la construction de Fresnel correspondante et préciser la nature du circuit. En déduire les valeurs de L, C et N_2.

Exercice 7

Un générateur de courant alternatif sinusoïdal, à fréquence variable maintient entre les bornes M et N d'un circuit série une tension efficace constant $U_{MN}=120V$. Ce circuit comprend un conducteur de résistance R, une bobine d'inductance L de résistance négligeable et un condensateur de capacité C.



La pulsation du courant étant fixée à la valeur ω, on mesure les grandeurs efficaces suivantes :

$I=0,8A$; $U_{MP}=72V$; $U_{PQ}=32V$.

1. Calculer la résistance R et l'impédance Z_L de la bobine.

2. Sachant que l'impédance du condensateur est supérieure à celle de la bobine ; calculer:

2.1. La tension U_{QN} aux bornes du condensateur et l'impédance de ce condensateur.

2.2. Le déphasage de la tension d'alimentation par rapport au courant.

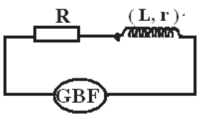
2.3. La puissance moyenne consommée par ce circuit R.L.C.

3. Sachant qu'un courant de pulsation $\omega_0=10^3$ rad/s est en phase avec la tension u_{MN} aux bornes du circuit ; calculer la pulsation ω du courant utilisé, l'inductance L et la capacité C.

Exercice 8

Un générateur délivre une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace 8V et de fréquence 200 Hz

A ses bornes on branche une résistance $R = 100\Omega$ associée en série à une bobine de résistance r et d'inductance L (voir schéma).



Un oscilloscope et deux voltmètres permettent d'effectuer des mesures.

Le réglage de l'oscilloscope sont : 5V/cm pour la sensibilité vertical,

1ms /cm pour le balayage horizontal.

Le voltmètre branché aux bornes de R indique U = 3,2V et l'autre U' = 6,4V

1. L'Ecran de l'oscilloscope est un carré de 10cm de coté. La ligne horizontale au milieu de l'écran correspond à 0V. Représenter en vraie grandeur la courbe que l'on observe sur l'écran

2. Quelle est l'intensité efficace dans le circuit ?

3. Déterminer la résistance r de la bobine et son inductance L. la construction de Fresnel est recommandée et la résolution graphique admise.
4. Déterminer le sens et la valeur du déphasage entre l'intensité dans le circuit et la tension aux bornes du générateur. La résolution graphique est admise.

Exercice 9

On dispose de 3 dipôles : un condensateur de capacité C, une bobine d'inductance L et de résistance interne r et un résistor de résistance R.

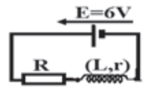


fig1

1. On réalise le circuit de la fig1 comprenant la bobine et le résistor en série alimentés par un générateur de tension continue constante. L'intensité du courant est I=61,8mA et la tension aux bornes du générateur U=6V. Calculer la résistance totale R' du circuit.

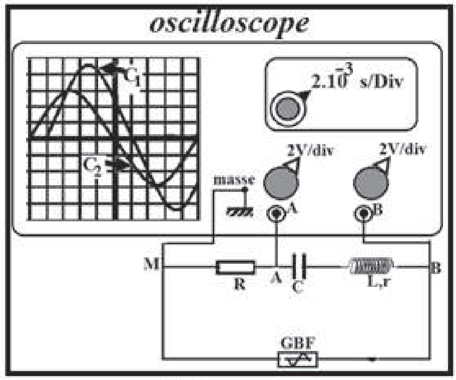


fig2

2. Le circuit contenant les 3 dipôles est alimenté par un générateur BF qui délivre entre ses bornes une tension sinusoïdale. Un oscilloscope bicourbe est branché comme l'indique la figure 2 et permet de suivre les variations des deux tensions.
2.1. Quelle tension observe-t-on sur chaque voie ? Justifier. Préciser la valeur maximale pour chaque tension.
2.2. Quelle est la période T des tensions visualisées.
2.3.1. Quelle est des deux tensions celle qui est en avance de phase sur l'autre ? Déterminer le déphase $\Delta\varphi$ de l'intensité *i* par rapport à la tension d'alimentation *u*. En déduire la valeur du facteur de puissance.
2.3.2. Déterminer la valeur efficace de l'intensité du courant puis déduire les valeurs de R et r.
2.4. Sur le document de la fig3 on donne la construction de Fresnel incomplète relative aux impédances.

fig3

Z_b désigne l'impédance de la bobine. La mesure des longueurs des vecteurs représentant r et Z_b donne r→1,8cm et Z_b→3,6cm.
2.4.1. Compléter la construction de Fresnel.
2.4.2. En déduire les valeurs de Z_b, de L et de C.

Corrigé de l'exercice 1

1. La tension instantanée aux bornes du générateur (ou du dipôle RLC) est représentée sur la voie 1.
La tension instantanée aux bornes du conducteur ohmique est représentée sur la voie 2.
2. La période de la tension est $T = 8ms = 8.10^{-3}$ s
La fréquence $N = 1/T$ soit $N = 125Hz$
3. La tension max est donnée par la courbe : soit $U_m = 50V$
La tension instantanée est $u = U_m\sin(2\pi Nt + \varphi)$
Les conditions initiales : à t= 0, $u=0 \Rightarrow U_m\sin\varphi = 0 \Rightarrow \varphi = 0$
soit $u = 50\sin(250\pi t)$
4. Calcul de I_m
$I_m = U_{mR}/R$ avec $U_{mR} = 40V$ et $I_m = 40/100 \Rightarrow I_m=0,4A$
Soit la valeur instantanée du courant $i = 0,4\sin(250\pi t)$
5. u et i sont en phase, c'est le phénomène de résonance d'intensité.
6. calcul de r :
À la résonance $Z_0 = R + r = U_m/I_m \Rightarrow r = U_m/I_m - R$ A.N : $r = 25\Omega$
Calcul de L :
$LC\omega^2 = 1 \Rightarrow L= 1/4\pi^2N^2C$ A.N : $L = 0,405H$
7. Le voltmètre indique la valeur efficace U de la tension,
soit $U = U_m/\sqrt{2}$ A.N : $U = 35,4V$
L'ampèremètre indique l'intensité efficace I : $I = I_m/\sqrt{2}$ A.N : $I = 0,283A$.

Corrigé de l'exercice 2

1. Calcul des rapports U/I et Ue/Ie :
Pour D_1 : $U_e/I_e = 3,75$ et $U/I = 2,5 \Rightarrow U_e/I_e \neq U/I$ doncD_1 est une bobine.
Pour D_2 : $U_e/I_e = 4,8$ et $U/I = 4,8 \Rightarrow U_e/I_e = U/I$ doncD_2 est un dipôle ohmique.
Pour D_3 : $U_e/I_e = 2400$ et $U/I = \infty \Rightarrow U/I = \infty$ D_3 ne conduit pas le courant continu c'est un condensateur.
2.Calcul des caractéristiques de ces dipôles :

- **Résistance r de D_1 $r= U/I = 2,5\Omega$ son inductance L : $r^2 + (L\omega)^2 = U_e/I_e$**

$$\Rightarrow L = \frac{1}{\omega}\sqrt{\left(\frac{U_e}{I_e}\right)^2 - r^2}$$ **A.N : L= 8,8mH.**

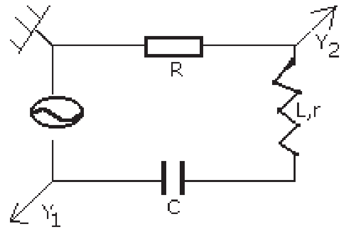
- **Résistance R de D_2 $R= U/I = 4,8\Omega$**
- **Capacité de D_3** $\frac{U_e}{I_e} = \frac{1}{C\omega} \Rightarrow C = 1,33\mu F$

3. Détermination du déphasage φ

Soit φ_u la phase initiale de u(t)

Soit φ_i la phase initiale de i(t) Dans le cas général

$\tan(\varphi_u-\varphi_i)= [L\omega- (1/C\omega)] /(R+r)$



Pour D_1 : $\tan(\varphi_u-\varphi_i)= L\omega/r \Rightarrow (\varphi_u-\varphi_i)= 48°$

Pour D_2 : $\tan(\varphi_u-\varphi_i)= 0 \Rightarrow (\varphi_u-\varphi_i)= 0$

Pour D_3 : $\tan(\varphi_u-\varphi_i)= -\infty \Rightarrow (\varphi_u-\varphi_i) = -\pi/2$

4.1. Sur y_1 on visualise u(t)

Sur y_2 on visualise $u_R(t)$ donc i(t) car $u_R(t) = R\, i(t)$

4.2. Le phénomène observé est le phénomène de résonance.

Calcul de la fréquence f_0 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ A.N : f_0=426Hz

Calcul de $I_0= U_e/(R+r)$ A.N: I_0= 3,3A

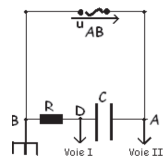
4.3. Calcul du facteur de qualité Q :

$Q=2\pi L N_0/(R+r)$ A.N : Q= 0,38

D'autre part $Q= N_0/\Delta N \Rightarrow \Delta N = N_0/Q$ A.N : ΔN = 1122Hz

Corrigé de l'exercice 3

1.1. Calcul de l'inductance théorique L_{th} :



$L_{th} = \frac{\mu_0 N^2 S}{\ell}$ **A.N : L=3,6.10^{-2} H**

1.2. Calcul de l'inductance expérimentale L_{exp} à la résonance on a : $LC\omega_0^2 = 1 \Rightarrow L_{exp} = \frac{1}{\omega_0^2 C} = \frac{1}{4\pi^2 N^2 C}$

L_{exp}=3,2.10^{-2} H

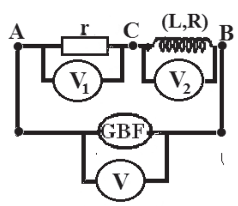
La différence entre ces deux valeurs est due à l'absence du noyau de fer doux.

1.3. Résistance R' de la bobine :

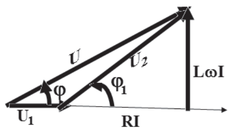
A la résonance : $R + R' = \frac{U}{I_0} \Rightarrow R' = \frac{U}{I_0} - R$

A.N : R'=20Ω.

2.1. Montage :



2.2. Construction du diagramme de Fresnel : $\vec{u} = \vec{u}_1 + \vec{u}_2$



2.3. L'impédance de la bobine :

$$U_L = U_2 = ZI \Rightarrow Z = \frac{U_2}{I} = \frac{U_2}{\frac{U_1}{r}} = \frac{U_2.r}{U_1}$$

soit $Z \approx 44\Omega$.

2.4. La phase de la tension u_2 par rapport à l'intensité i

D'après la construction de Fresnel

$$U^2 = U_1^2 + U_2^2 + 2U_1.U_2\cos\varphi_1 \Rightarrow \cos\varphi_1 = \frac{U^2 - (U_1^2 + U_2^2)}{2U_1.U_2} \Leftrightarrow \cos\varphi_1 = 0{,}5 \Rightarrow \varphi_1 = \frac{\pi}{3}$$

2.5. Calcul de la résistance R de la bobine :

D'après la construction de Fresnel

$$\cos\varphi_1 = \frac{RI}{U_2} \Rightarrow R = \frac{U_2\cos\varphi_1}{I} \approx 22\Omega$$

Calcul de L :

1ère méthode :

$$\sin\varphi_1 = \frac{L\omega I}{U_2} \Rightarrow L = \frac{\sin\varphi_1.U_2}{\omega I} = \frac{\sin\varphi_1.U_2.r}{\omega U_1}$$

2ème méthode :

$$Z_b^2 = R^2 + (L\omega)^2 \Rightarrow (L\omega)^2 = Z_b^2 - R^2$$

$$L = \frac{\sqrt{Z_b^2 - R^2}}{\omega}$$

Soit $L \approx 0{,}12H$

2.6. Calcul de la puissance moyenne consommée :

$$P = UI\cos\varphi = (R+r)I^2 = 155{,}68W$$

Corrigé de l'exercice 4

1.1 Schéma des branchements à réaliser :

1.2

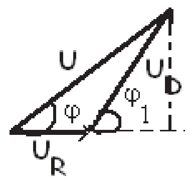
- **Comme le circuit est capacitif u_{BD} doit être en avance sur u_{AB} et la courbe I correspond à u_{BD} et la courbe II à u_{AB}.**

- **D'après la courbe la période $T=10^{-2}$s d'où la fréquence $N=T^{-1}$ soit $N=100Hz$.**
- **Le déphasage φ de la tension par rapport à l'intensité $|\varphi| = \omega\Delta t = 2\pi N$ avec**

  $\Delta t=1,25ms \Rightarrow |\varphi| = \frac{\pi}{4}$ soit $\varphi = -\frac{\pi}{4}$ car le circuit est capacitif.
- **Déduction de la capacité C du condensateur : $\tan g\varphi = \frac{-1}{RC\omega} = -1 \Rightarrow C=\frac{1}{R\omega}$**

  A.N : $C\approx 8\mu F$

2.1. Résonance



$\vec{u} = \vec{u}_R + \vec{u}_D \Rightarrow U^2 = U_R^2 + U_D^2 + 2U_R.U_D\cos\varphi_1$

$U = U_R + U_D \Leftrightarrow \cos\varphi_1 = 1 \Rightarrow \varphi_1 = 0$ **d'où u_D est confondue avec $u_R \Leftrightarrow \varphi = 0$ le circuit est donc en résonance.**

Déduction de la résistance r :

$U = (R + r)I$ et $I = \frac{U_R}{R} \Rightarrow r = \frac{U.R}{U_R} - R$ **A.N : $r=40\Omega$**

2.2. D'après l'exercice les tensions U_D, U_C et U_b sont égales ;

soit $Z_D = Z_C = Z_b \Leftrightarrow \frac{1}{C\omega} = \sqrt{r^2 + (L\omega)^2}$ ①

et $\frac{1}{C\omega} = \sqrt{r^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$ ②

et $\sqrt{r^2 + (L\omega)^2} = \sqrt{r^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$ ③

③ $\Leftrightarrow -L\omega = L\omega - \frac{1}{C\omega} \Rightarrow 2L\omega = \frac{1}{C\omega}$ ④ **en remplaçant $\frac{1}{C\omega}$ par $2L\omega$ dans② on obtient** $(2L\omega)^2 = r^2 + (L\omega)^2 \Leftrightarrow 3(L\omega)^2 = r^2 \Rightarrow L = \frac{r}{\omega\sqrt{3}}$ **A.N : $L=37.10^{-3}$H.**

D'après④on a $C = \frac{1}{2L\omega}$ **A.N : $C=3,4.10^{-5}$F**

Corrigé de l'exercice 5

1. L'impédance Z du circuit (r, L) est : $Z = \sqrt{r^2 + (L\omega)^2}$

soit $Z^2 = (L\omega)^2 + r^2$ ① **Cette relation est de la forme y = ax +b ; c'est une fonction affine dont la représentation est une droite.**

2. Le graphe est une droite dont l'équation est :

$Z^2 = a\omega^2 + b$ ②

avec $\begin{cases} a = \frac{\Delta Z^2}{\Delta\omega^2} = \frac{(10,5 - 2,5).10^3}{(8 - 0).10^3} = 1 \\ b = 2,5.10^3 \end{cases}$

Par identification entre les relations ① et ②, on obtient

$L = 1$ et $r^2 = 2500\Omega^2 \Leftrightarrow r = 50\Omega$

3.1. Calcul de l'intensité efficace I pour $\omega = 50\sqrt{3}$

$I = \frac{U}{Z}$ **Pour cette valeur de ω ; Z=100Ω, Soit** $I = \frac{150}{100} = 1{,}5A$

3.2. L'intensité efficace est maximale à la résonance alors

$LC\omega^2 = 1 \Rightarrow C = \frac{1}{\omega^2 L}$ **soit $C = 1{,}3.10^{-4}$ F.**

Calcul de l'intensité maximale I_0 :

$I_0 = \frac{U}{r}$ soit $I_0 = \frac{150}{50} = 3A$

3.3 Calcul de la puissance moyenne électrique maximale P_0

$P_0 = rI_0^2 \Leftrightarrow P_0 = 450$ **W**

4 Montrons que si $P = \frac{P_0}{2}$ alors $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$:

$P = \frac{P_0}{2} \Leftrightarrow rI^2 = \frac{rI_0^2}{2}$ soit $I^2 = \frac{I_0^2}{2} \Rightarrow I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$

Table de matière